

WLAN und DECT - Schnurlostelefone vermindern Gedächtnisleistungen

Die Diskussion über den Stand der Forschung im Jahr 2016 war geprägt durch die Ergebnisse des ATHEM-Reports der österreichischen AUVA-Versicherung, durchgeführt an der Medizinischen Universität Wien, und durch die NTP-Studie (National Toxicology Programm) der US-Gesundheitsbehörde. Diese zwei Großstudien und viele Einzelstudien zu DNA-Strangbrüchen (Erbgutveränderungen), die auch in unseren Studienrecherchen besprochen wurden, klärten vertieft, dass und warum die nicht-ionisierende Strahlung über ein genotoxisches Potential verfügt. Die negativen Auswirkungen auf die Fertilität (Spermien, Embryo) sind durch mehr als 130 Studien bewiesen (1), ebenso wie der Wirkmechanismus "Oxidativer Zellstress", wozu 2015/16 drei umfangreiche Reviews erschienen sind (2). Die 12 Studien, die diese Studienrecherche enthält, sind eine weitere Bestätigung der schon bekannten Studienlage.

WLAN führt zu verminderten Hirnleistungen

Zur aktuellen Diskussion um WLAN an Schulen ist die Studie von *Deshmuk et al. (2016)* aussagekräftig. Ratten wurden mit drei Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz in sehr niedriger Intensität bestrahlt. Bei der WLAN-Frequenz 2450 MHz zeigten sich die signifikant höchsten Schädigungen, sowohl bei den DNA-Strangbrüchen als auch beim Zellstress (HSP 70). Die Autoren stellen verminderte Hirnleistungen fest. Die Lern- und Erinnerungsfähigkeit war bei den Versuchstieren bei allen drei Frequenzen signifikant vermindert. Auch *Ikinici et al. (2013)* und *Stasinopoulou et al. (2016)* berichten über negative Auswirkungen auf Lernleistungen. Besonders hinzuweisen ist auf die Studie von *Hussein et al. (2016)*, die nachweist, dass direkte chronische Einwirkung von 1800-MHz-Strahlung (Frequenzband von GSM, LTE) schwere biochemische und histopathologische Veränderungen im Rattenhirn verursacht, z. B. degenerative Veränderungen in Neuronen und Pyramidenzellen (pyknotische Zellkerne, geschwollene Mitochondrien u. a.), hauptsächlich durch eine ROS-Überproduktion und eine signifikante Verminderung der antioxidativen Parameter. *Kim et al. (2016)* untersuchten die Auswirkungen von 1950 MHz (UMTS, W-CDMA) auf Hippocampus-Zellen. Diese Frequenz steigert zusätzlich die Glutamat-bedingte Zytotoxizität durch Verstärkung der ROS-Produktion. Das kann neurodegenerative Erkrankungen auslösen, z. B. die Alzheimer-Krankheit.

DECT - Schnurlostelefon, Schwangere, pränatale Bestrahlung - postnatale Auswirkungen

Stasinopoulou et al. (2016) untersuchten die Wirkung der DECT-Strahlung während der Trächtigkeit und nach der Geburt der Ratten. Negative Auswirkungen auf die Zelldichte im Gehirn (Hippocampus) wurden gemessen, was Gedächtnisdefizite erklären könnte. Die Autoren sprechen von irreversiblen Schäden während der Embryogenese.

Krebspotential bestätigt

Fünf Studien bestätigen das genotoxische Potential. *Deshmuk et al. (2016)*, *Hussein et al. (2016)*, *Pandey et al. (2016)*, *Shahin et al. (2016)* und *Sun et al. (2016)* weisen DNA-Strangbrüche nach, die im Zusammenhang mit oxidativem Zellstress stehen. *Sun et al. (2016)* beobachteten das Phänomen, dass erst Anstieg und dann Abnahme der DNA-Schädigung erfolgt.

Fruchtbarkeit, Embryo, Spermien, Hoden

Ikinici et al. (2013), *Pandey et al. (2016)*, *Manta et al. (2016)*, *Mugunthan et al. (2014)* und *Stasinopoulou et al. (2016)* bestätigen die umfangreiche Beweislage zur Fertilität. *Ikinici et al. (2013)* untersuchte die Auswirkungen von 900 MHz auf die Lernfähigkeit von Rattenjungtieren, die im Mutterleib bestrahlt wurden. Die pränatale Bestrahlung führte zu pathologischen Veränderungen im Hippocampus. Störungen im Lernverhalten könnten dadurch verursacht sein. *Pandey et al. (2016)* stellen eine Störung der Redox-Homöostase (Zellstress) in den Mitochondrien und im Entwicklungszyklus der Spermienzellen fest.

STUDIEN RECHERCHE

2017- 1

Diagnose-Funk e.V.

Umwelt – und
Verbraucherorganisation
zum Schutz vor
elektromagnetischer Strahlung e.V.

Postfach 15 04 48
70076 Stuttgart

www.diagnose-funk.org
www.mobilfunkstudien.org
kontakt@diagnose-funk.org

Ihr Ansprechpartner

Ressort Wissenschaft
Peter Hensinger
peter.hensinger@diagnose-funk.de

Diagnose-Funk e.V. ist eine Umwelt- und Verbraucherorganisation, die sich für den Schutz vor elektromagnetischen Feldern und Strahlung einsetzt. Das Ziel von diagnose:funk ist es, über die gesundheits- und umweltschädigenden Wirkungen elektromagnetischer Felder verschiedenster Quellen unabhängig von Industrie und Politik aufzuklären, dadurch Verhaltensweisen von Verbrauchern und Politik zu ändern und Lösungen für zukunftsfähige und umweltverträgliche Technologien durchzusetzen.

Mugunthan et al. (2014) weisen ein Absinken der Testosteronkonzentration nach, das Hodengewicht ist reduziert, ebenso die Dichte und Durchmesser der Samenkanälchen. Sie folgern, dass Langzeitnutzung zur Unfruchtbarkeit führen könnte.

Wirkmechanismus oxidativer Stress, Genexpression

Deshmuk et al. (2016), Ghanbari (2016), Hussein et al. (2016), Kim et al. (2016), Manta et al. (2016), Pandey et al. (2016), Shahin et al. (2016) identifizieren als Wirkmechanismus eine Überproduktion von freien Radikalen und in der Folge oxidativen Zellstress. Manta et al. (2016) weisen in einer besonders bemerkenswerten Studie an Eierstöcken der Fruchtfliege eine ganze Schädigungspalette nach, Genexpression, Veränderungen an 168 Genen, Apoptose und Zellstress.

Epilepsie

Kouchaki et al. (2016) zeigten erstmalig, dass chronische Einwirkung von Mobilfunkstrahlung von 900–950 MHz (GSM) die Schwelle zum Auslösen von Krampfanfällen im Gehirn senkt.

Gefakte Gutachten

Die pathologischen Veränderungen in allen diesen Studien sind in der Regel im nicht-thermischen Bereich, also weit unterhalb der Grenzwerte. Doch alle diese Studien werden in den Berichten offizieller Kommissionen ignoriert, drastisch zu sehen am siebten Mobilfunkbericht der deutschen Bundesregierung (15.12.2016). Den Abgeordneten des Bundestages wird schlichtweg die Studienlage verschwiegen. Diese Berichte etablierter und staatlicher Gutachterkommissionen bestätigen immer wieder die festgelegten Grenzwerte und damit die Unbedenklichkeit der Mobilfunktechnologie. Cui bono? Die englische Wissenschaftlerin Sarah J. Starkey analysierte den Be-

richt der *Advisory Group On Non-ionising Radiation (AGNIR)*, der Grundlage amtlicher Empfehlungen zur Sicherheit hochfrequenter elektromagnetischer Felder in Großbritannien ist und weltweit große Bedeutung hat. Er steht exemplarisch für diese Gutachten, auch weil international Methoden und Verfasser oft identisch sind. So wird der für 2017 angekündigte Bericht der WHO von einem fast namensgleichen Autorenteam verfasst. In ihrer Untersuchung *"Inaccurate official assessment of radiofrequency safety by the Advisory Group on Non-ionising Radiation"*, veröffentlicht in *Rev Environ Health* 2016; 31 (4): 493-503, vergleicht S. J. Starkey die internationale Studienlage mit der Darstellung und Interpretation im AGNIR-Bericht. Sie kommt zu dem Schluss, dass die Studienlage verfälscht wird. diagnose:funk hat die Untersuchung von S. J. Starkey übersetzt und im Brennpunkt *"Mobilfunk - Grenzwerte entzaubert: Studie weist nach, wie Grenzwerte scheinwissenschaftlich legitimiert werden"* kommentiert veröffentlicht.

(1) Diagnose: Funk (Hrsg.): Brennpunkt Smartphones&Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos, 2016

(2) The link between radiofrequencies emitted from wireless technologies and oxidative stress. Von: Dasdag S, Akdag MZ. Veröffentlicht in: J Chem Neuroanat 2016; 75 Pt B: 85-93.

The effects of radiofrequency electromagnetic radiation on sperm function. Von: Houston BJ, Nixon B, King BV, De Iulius GN, Aitken RJ. Veröffentlicht in: Reproduction 2016; 152 (6): R263-R276

Oxidative mechanisms of biological activity of low-intensity radiofrequency radiation. Von: Yakymenko I, Tsybulin O, Sidorik E, Henshel D, Kyrylenko O, Kyrylenko S. Veröffentlicht in: Electromagn Biol Med 2016; 35 (2): 186-202. Die Arbeit von Yakymenko et al. ist in deutscher Übersetzung als diagnose:funk Brennpunkt erschienen. Sie allein dokumentiert 93 Studien, die ROS nachweisen.

HINWEISE

Die **Studienrubriken** sind nach Endpunkten angeordnet, nicht nach Frequenzen.

Fachbegriffe können im Glossar des EMF-Portals - www.emf-portal.de - nachgeschlagen werden.

Tierversuche: Wir besprechen in der Studienrecherche die objektiven Ergebnisse von Studien, die oft an Tieren durchgeführt werden und deshalb ethisch in Frage gestellt werden müssen.

Ermöglichen Sie mit Ihrer Spende weitere Ausgaben der Studienrecherchen

Seit Januar 2015 geben wir vierteljährlich die Studienrecherchen heraus. Dafür bekamen wir von vielen Seiten, von Ärzten, Wissenschaftlern, Umweltverbänden und Einzelpersonen viel Lob. Das motiviert uns, sichert aber die weitere Herausgabe nicht ab. Die Erstellung einer Ausgabe kostet uns ca. 1500 Euro (Rezensionshonorare für die beteiligten Wissenschaftler, Satzkosten).

Sie können die Recherche kostenlos downloaden. Sie können einen Beitrag dazu leisten, damit die Studienlage weiter recherchiert und veröffentlicht werden kann, mit Ihrer Spende. Ob 10, 30, 50 oder 100 Euro, jeder Betrag hilft dabei:

Empfänger: Diagnose-Funk e.V.

Konto: 7027763800

BLZ: 430 609 67 GLS Bank

IBAN: DE39 4306 0967 7027 7638 00

BIC: GENODEM1GLS

Verwendungszweck: SPENDE, "Ihr Vor- und Nachname", "Ihre Adresse"

(Bitte geben Sie uns im Verwendungszweck Ihren Vor- und Nachname und Adresse bekannt, damit wir die Spende zuordnen können und Ihnen dafür im kommenden Jahr eine Spendenbescheinigung ausstellen können)

INHALT

WIRKUNGEN AUF GEHIRN – UND LERNLEISTUNGEN

Wirkung von subchronischer Mikrowellenstrahlung niedriger Intensität auf das Rattenhirn. Effect of Low Level Subchronic Microwave Radiation on Rat Brain. Von: Deshmukh PS, Megha K, Nasare N, Banerjee BD, Ahmed RS, Abegaonkar MP, Tripathi AK, Me-diratta PK. Erschienen in: Biomed Environ Sci, 2016; 29 (12), 858–867 Seite 4

Biochemische und histologische Studien zu schädlichen Wirkungen von Mobilfunkstrahlung auf Rattenhirne. Biochemical and histological studies on adverse effects of mobile phone radiation on rat's brain. Von: Hussein S, El-Saba AA, Galal MK. Erschienen in: Journal of Chemical Neuroanatomy 78 (2016) 10–19 Seite 4

Wirkung von 900 MHz-EMF in der pränatalen Phase auf Hippocampus und Lernverhalten. Effects of 900 Megahertz EMF in the prenatal period on hippocampus and learning behavior. Von: İkinci A, Ersan Odacı E, Yıldırım M, Kaya H, Akça M, Hancı H, Aslan A, Sönmez OF, Baş O. Erschienen in: NeuroQuantology 11 (4) 2013, 582–590 Seite 5

Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf Glutamat-induzierten oxidativen Stress in HT22-Hippocampuszellen von Mäusen. Effects of radiofrequency field exposure on glutamate-induced oxidative stress in mouse hippocampal HT22 cells. Von: Kim JY, Kim HJ, Kim N, Kwon JH, Park MJ. Erschienen in: International Journal of Radiation Biology 2016 Seite 6

Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf die Pentylentetrazol-induzierte Anfall-Schwelle bei Mäusen. Effect of mobile phone radiation on pentylenetetrazole-induced seizure threshold in mice Von: Kouchaki E, Motaghedifard M, Banafshe HR . Erschienen in: Iran J Basic Med Sci 2016; 19: 800–803 Seite 7

FERTILITÄT, EMBRYO, POSTNATALE WIRKUNGEN

Wirkung von vor- und nachgeburtlicher Einwirkung von Strahlung einer 1880–1900 MHz-DECT-Basisstation auf die Entwicklung von Ratten. Effects of pre- and postnatal exposure to 1880–1900 MHz DECT base radiation on development in the rat. Von: Stasinopoulou M, Fragopoulou AF, Stamatakis A, Mantziaras G, Skouroliakou K, Papassideri IS, Stylianopoulou F, Lai H, Kostomitsopoulos N, Margaritis LH. Erschienen in: Reproductive Toxicology 65 (2016), 248–262 Seite 8

900-MHz-induzierte DNA-Schädigung und Zellzyklusstopp in Hodenkeimzellen von Swiss Albino-Mäusen. Radiofrequency radiation (900 MHz)-induced DNA damage and cell cycle arrest in testicular germ cells in swiss albino mice. Von: Pandey N, Giri S, Das S, Upadhya P. Erschienen in: Toxicology and Industrial Health 2016, 1–12 Seite 9

Wirkung von Langzeitbestrahlung eines 2G-Mobiltelefons (900–1900 MHz) auf die Hoden von Mäusen. Effects of Long Term Exposure to a 2G Cell Phone Radiation (900–1900 MHz) on Mouse Testis. Von: Mugunthan N, Anbalagan J, S Meenachi S. Erschienen in: International Journal of Science and Research 3 (9) 2014, 523–529 Seite 10

GENTOXIZITÄT

2100-MHz-Strahlung eines 3G-Mobiltelefons und die oxidative DNA-Schädigung im Gehirn. The 2100 MHz radiofrequency radiation of a 3G-mobile phone and the DNA oxidative damage in brain. Von: Şahin D, Özgür E, Güler G, Tomruk A, Ünlü I, Sepici-Dinçel A, Seyhan N. Erschienen in: J Chem Neuroanat 2016; 75 Pt B: 94-98 Seite 10

Mobiltelefonssignale lösen eine Hormese-ähnliche Wirkung in Atm+/+ und Atm-/- embryonalen Fibroblasten von Mäusen aus. Mobile phone signal exposure triggers a hormesis-like effect in Atm+/+ and Atm-/- mouse embryonic fibroblasts. Von: Sun C, Wei X, Fei Y, Su L, Zhao X, Chen G, Xu Z. Erschienen in: Scientific Reports 2016, 6:37423 Seite 11

WIRKMECHANISMUS ROS / OXIDATIVER STRESS, GENEXPRESSION, APOPTOSE

Schutzwirkung von Vitamin E gegen oxidative Parameter durch 3-mT-Magnetfelder in der Substantia nigra von Ratten. Protective effects of vitamin E consumption against 3MT electromagnetic field effects on oxidative parameters in substantia nigra in rats. Von: Ghanbari AA, Shabani K, Mohammad Nejad D. Erschienen in: Basic and Clinical Neuroscience 2016, 7 (4), 315–322 Seite 12

Mobilfunkstrahlung-induzierte Störung von Genexpression, Redox-Gleichgewicht und Regulation sporadischer Apoptose in Eierstöcken von Drosophila melanogaster. Mobile-phone Radiation-induced Perturbation of Gene-expression Profiling, Redox Equilibrium and Sporadic-Apoptosis Control in the Ovary of Drosophila melanogaster. Von: Manta AK, Papadopolou D, Polyzos AP, Fragopoulou AF, Skouroliakou AS, Thanos D, Dimitrios J, Stravopodis DJ, Margaritis LH; Erschienen in: Fly (Austin) 1-21.Dec 2016 Seite 13

WIRKUNGEN AUF GEHIRN – UND LERNLEISTUNGEN

Wirkung von subchronischer Mikrowellenstrahlung niedriger Intensität auf das Rattenhirn.

Effect of Low Level Subchronic Microwave Radiation on Rat Brain. Von: Deshmukh PS, Megha K, Nasare N, Banerjee BD, Ahmed RS, Abegaonkar MP, Tripathi AK, Mediratta PK. Erschienen in: Biomed Environ Sci, 2016; 29 (12), 858–867

Die zunehmende Belastung mit Mobilfunk- und WLAN-Strahlung und die Ergebnisse einiger Forschungsarbeiten, die schädigende Wirkung von Mikrowellen ergeben hatten, führten zu dieser Arbeit, in der Verhalten und Veränderungen im Hirngewebe von Ratten untersucht wurden. Mit den drei Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz wurden Verhaltens- und Lerntests in zwei Labyrinthen untersucht. Dazu kamen Bestimmung des Hitzeschockproteins 70 (HSP70) und der DNA-Schädigung durch Strangbrüche im Hippocampus-Gewebe. HSPs haben verschiedene Funktionen, u. a. werden sie bei Zellstress aktiviert. HSP70 ist eines dieser Proteine, das andere Proteine vor Stress schützt und geschädigte Proteine in der Zelle bindet und sie wieder funktionsfähig macht. Der Hippocampus ist eine wichtige Region im Gehirn, in der Verhalten, Lernen und räumliches Gedächtnis reguliert und verarbeitet werden. DNA-Strangbrüche zeigen an, dass Zellen stark geschädigt sind. Diese Arbeit ist die erste, die drei Frequenzen über einen Zeitraum von 90 Tagen bei niedrigen Feldstärken auf Hirnleistung, HSP und DNA-Schädigung in vivo untersucht hat.

Studiendesign und Durchführung: 4 verschiedene Gruppen von männlichen Ratten, je 6 Tiere pro Gruppe, wurden 90 Tage den Frequenzen 900, 1800 und 2450 MHz ausgesetzt, eine weitere Gruppe erhielt Scheinbestrahlung. Die SAR-Werte betragen $5,953 \times 10^{-4}$, $5,835 \times 10^{-4}$ bzw. $6,672 \times 10^{-4}$ W/kg. (Modulationsart CW: 900 MHz, SAR 0,5953 mW/kg; 1.800 MHz, SAR 0,5835 mW/kg; 2.450 MHz SAR 0,6672 mW/kg). Anschließend wurden die Tiere in zwei verschiedenen Wasserlabyrinthen auf ihre Hirnleistung (Lernfähigkeit und Gedächtnis) getestet. Zum Schluss erfolgte die Bestimmung der HSP70-Konzentrationen (ELISA-Test) und der DNA-Schädigung (Komet -Test, Doppelansatz mit je 3 Wiederholungen) im Hirngewebe.

Ergebnisse: Bei allen drei Frequenzen kam es zu verminderter Hirnleistung und zu Anstieg der HSP70-Konzentrationen und von DNA-Strangbrüchen. Die Lern- und Erinnerungsfähigkeit war bei den bestrahlten Tieren signifikant vermindert, d. h. die Tiere brauchten mehr Zeit als die Kontrolltiere (zum Eintreten in den geschlossenen Arm des elevated plus Labyrinths als die Kontrolltiere). Das deutet auf signifikante Beeinträchtigung beim Lernen und Erinnern hin. Es gab zwischen den Frequen-

zen keine signifikanten Unterschiede.

Bei dem anderen Test im Morris Wasserlabyrinth, mit dem räumliches Lernen und Gedächtnis untersucht wird, kamen signifikante Unterschiede in der Zeit, in der die Plattform gefunden wurde, heraus, bei allen drei Frequenzen gegenüber den Kontrolltieren. Die Tiere brauchten länger, um die Plattform zu finden, nachdem diese versetzt worden war und der Aufenthalt in dem Quadranten war signifikant kürzer. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei bestrahlten Gruppen.

Wirkung auf HSP70: Nach den 90 Tagen sah man bei allen drei Frequenzen einen signifikanten Anstieg gegenüber der Scheinbestrahlung. Bemerkenswert ist, dass auch ein signifikanter Anstieg bei 1800 und 2450 MHz im Vergleich zu 900 MHz bestand.

Bezüglich der DNA-Schädigung zeigte der Komet-Test im Hippocampusgewebe eine signifikante Erhöhung der Schweif-DNA (%) in allen bestrahlten Proben gegenüber der unbestrahlten Kontrolle. Bei 2450 MHz waren Kopf- und Schweif-DNA-Gehalt auch signifikant erhöht gegenüber 900 MHz. Auch die anderen Parameter (olive tail moment, Schweiflänge und tail extent moment) waren signifikant erhöht bei allen 3 Frequenzen gegenüber der Kontrolle. Alle drei Parameter waren zudem bei 2450 MHz signifikant höher als bei 900 MHz.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass subchronisch einwirkende Strahlung von 900, 1800 und 2450 MHz geringer Intensität zu signifikant schädlichen Auswirkungen im Gehirn führen könnten, sichtbar an DNA-Schäden und erhöhten HSP70-Konzentrationen im Hippocampusgewebe von männlichen Ratten, was zu den verminderten Hirnleistungen führt. Das Gehirn ist das empfindlichste Organ, und die durch Mikrowellen hervorgerufenen Schädigungen umfassen Fehlfunktionen und Schäden an Hirnstrukturen. Der HSP-Anstieg könnte der Grund für die verminderte Hirnleistung sein, der durch Zellstress und genotoxische Wirkung der Strahlung bedingt ist.

Biochemische und histologische Studien zu schädlichen Wirkungen von Mobilfunkstrahlung auf Rattenhirne.

Biochemical and histological studies on adverse effects of mobile phone radiation on rat's brain. Von: Hussein S, El-Saba AA, Galal MK. Erschienen in: Journal of Chemical Neuroanatomy 78 (2016) 10–19.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jchemneu.2016.07.009>

Mit der steigenden Entwicklung der elektronischen Technik steigt die öffentliche Besorgnis von gesundheitlichen Auswirkungen der Mobilfunkstrahlung, die direkt auf das Gehirn einwirkt. Vom Gehirn wird Mobilfunkstrahlung direkt absorbiert, damit absorbiert das Nervengewebe mehr Strahlung als andere Gewebe. Es entsteht die Bildung freier Radikale,

wodurch Lipidperoxidation und ROS-Produktion gesteigert werden mit nachfolgender oxidativer Schädigung. Das Gehirn ist eines der empfindlichsten Organe gegenüber Mobilfunkstrahlung, weil dort die Mitochondrien früher und schwerer geschädigt werden als in anderen Organen. In einigen Experimenten wurde gefunden, dass der Hippocampus, der Verhalten und Lernen verarbeitet, geschädigt wird. Dadurch kann es zu Verhaltensauffälligkeiten kommen wie Hyperaktivität und Lernstörungen. Hier sollte die Wirkung von 1800-MHz-Strahlung von Mobiltelefonen auf oxidativen Stress und Apoptose in Rattenhirnen untersucht werden. Diese Studie unterscheidet sich von anderen, weil die oxidative Schädigung durch 1800-MHz-Mobilfunkstrahlung in 2 verschiedenen Hirnregionen untersucht wurde statt im gesamten Gehirn, weil verschiedene Hirnregionen unterschiedlich auf oxidativen Stress reagieren könnten.

Studiendesign und Durchführung: 40 erwachsene männliche Ratten wurden in 2 Gruppen zu je 20 Tieren aufgeteilt, Gruppe 1 ohne und Gruppe 2 mit Bestrahlung. Die SAR betrug 0,6 W/kg (0,87 mW/cm² in 5 cm Entfernung vom Mobiltelefon), die 2 Stunden pro Tag 3 Monate lang einwirkte. Die Gehirne wurden sofort nach Ende der Bestrahlung entnommen und getrennt nach Hippocampus und Kleinhirn zur Bestimmung von Gewicht und der biochemischen, histologischen, immunohistochemischen und elektronenmikroskopischen Parameter aufbereitet. Das waren im einzelnen Malondialdehyd (MDA), GPX- und SOD-Aktivität sowie reduzierte GSH-Konzentration zur Bestimmung des oxidativen Stresses, DNA-Brüche, Proteingehalt und Protein cyclooxygenase-2 (COX2) zur Bestimmung der Apoptose.

Ergebnisse: Die bestrahlten Tiere zeigten signifikant erhöhte MDA-Konzentrationen in Hippocampus und Kleinhirn. Die signifikanten Verminderungen der antioxidativen Parameter Glutathion (GSH), Superoxid-Dismutase (SOD) und Glutathionperoxidase (GSH-Px) zwischen Kontrollgruppe und bestrahlter Gruppe lagen in beiden Gehirnregionen zwischen 33 und 65 %. Degenerative Auffälligkeiten wurden in den Pyramidenzellen im Hippocampus und den Purkinjezellen im Kleinhirn mit Gefäßstauung gefunden. Zudem waren signifikante DNA-Strangbrüche und Überexpression des apoptotischen Gens Cyclooxygenase-2 zu sehen.

Histologisch konnte man in den Kontrollen normale Gewebe und normale Nervenzellen sehen. Die 3 Schichten des Hippocampus, molekulare, Pyramidenzell- und polymorphe Schicht, erschienen in der Kontrolle normal mit dichten Pyramidenzellschichten, bei den bestrahlten Tieren sah man geringere Durchmesser der Pyramidenzell-Schichten. Im Längsschnitt sieht man, dass die Pyramidenzellen in der polymorphen Schicht ihre Dreieckform verloren hatten, geschrumpft waren und einige enthielten Vakuolen im Zellkern und hatten pyknotische (verdichtete) ovoide Zellkerne. Die Blutgefäße waren gestaut, man sah einen vergrößerten perivaskulären Spalt. Die Mitochondrien waren geschwollen mit weniger und unregelmäßiger angeordneten Cristae. Die Axone hatten wenig oder keine Myelinscheide.

Die graue Substanz des Kleinhirns der Kontrollgruppe enthielt 3 Schichten, äußere molekulare, mittlere Purkinje und innere Granula-Schicht. Bei den bestrahlten Kleinhirnen sah man un-

regelmäßige Rinde, geschrumpfte Purkinjezellen, deformierte, pyknotische oder aufgelöste Zellkerne. Außerdem war die Anzahl von Astrozyten erhöht und Gliosis sichtbar (Schädigung der Gliazellen). Andere Purkinjezellen hatten Vakuolen im Zytoplasma und geschwollene Zellkerne.

Man konnte klare Apoptose erkennen und degenerative Veränderungen in vielen Neuronen in Form von zentraler Auflösung des Chromatins, Zellkörperschwellung und Auflösung der Zellmembranen, Myelinschwund, geschrumpfte Kerne und vergrößerten perinuklearen Raum der Purkinjezellen. Das COX2-Protein (Cyclooxygenase-2 = Prostaglandinsynthase-2, ist bei Entzündungen und Nervenzellschädigung erhöht) war signifikant erhöht in den bestrahlten Nervenzellen in Hippocampus und Kleinhirn. Außerdem wies die genomische DNA signifikant erhöhte Brüche in der bestrahlten Gruppe auf in Hippocampus und Kleinhirn.

Schlussfolgerungen: Diese Ergebnisse legen nahe, dass direkte chronische Einwirkung von 1800-MHz-Strahlung von Mobiltelefonen schwere biochemische und histopathologische Veränderungen im Rattenhirn verursacht. Man fand einige pathologische Veränderungen durch Mobilfunkstrahlung, z. B. degenerative Veränderungen in vielen Neuronen und einigen Pyramidenzellen (pyknotische Zellkerne, geschwollene Mitochondrien u. a.). Die Mobilfunkstrahlung kann die Zellstruktur der Nervenzellen auf verschiedene Weise beeinträchtigen, hauptsächlich durch ROS-Überproduktion, die zu oxidativem Stress in den Zellen führt und Degenerationen hervorrufen kann. Der Anstieg der Astrozyten und der Gliose deutet auf eine Reaktion des Zentralnervensystems auf Schädigung hin. Die erhöhten MDA-Werte und die verminderten oxidativen Parameter lassen annehmen, dass das chronische Einwirken der 1800-MHz-Strahlung zu oxidativer Schädigung in den beiden Geweben der Ratten führt. Die Strahlung führte zudem zu Apoptose im Hirngewebe. Mobiltelefone sollten für kurze Gespräche genutzt und sonst vom Körper entfernt aufbewahrt werden.

Wirkung von 900 MHz-EMF in der pränatalen Phase auf Hippocampus und Lernverhalten.

Effects of 900 Megahertz EMF in the prenatal period on hippocampus and learning behavior. Von: İkinici A, Ersan Odacı E, Yıldırım M, Kaya H, Akça M, Hancı H, Aslan A, Sönmez OF, Baş O. Erschienen in: NeuroQuantology 11 (4) 2013, 582–590

Es gibt keinen Zweifel daran, dass elektromagnetische Felder durch Mobiltelefone, die sich direkt am Kopf befinden und von Menschen aller Altersstufen außer Babies genutzt werden, Gesundheitsprobleme aufwerfen können. Diese Wunder der Technik bescheren der Industrie beträchtliche Einkommen und werden von den Medien als harmlos bezeichnet. Jedoch zeigt die Forschung immer mehr Zweifel an der Harmlosigkeit, weshalb weitere Forschung auf dem Gebiet von großem Interesse ist. Studien haben ergeben, dass im Gehirn Zellverluste auftreten können, wenn Ratten vor und nach der Geburt mit 900 MHz bestrahlt werden. Deshalb ist es interessant zu wissen, ob das Verhalten der Tiere verändert wird, wenn Zellverluste im

Gehirn auftreten. Bisher gibt es dazu widersprüchliche Ergebnisse. Es gibt nur wenige Studien, die das Verhalten von Ratten untersucht haben, die vor und nach der Geburt mit 900 MHz behandelt worden waren. Der Zweck dieser Studie war, die möglichen Auswirkungen von 900-MHz-Strahlung auf die Lernfähigkeit von Rattenjungtieren zu untersuchen, die im Mutterleib bestrahlt worden waren. Untersucht wurden das Verhalten in verschiedenen Situationen und das Gewebe des Hippocampus.

Studiendesign und Durchführung: 6 trächtige Tiere wurden in 2 Gruppen eingeteilt, die eine Gruppe wurde mit 900 MHz vom Tag 13 bis Tag 21 der Trächtigkeit für 1 Stunde täglich bestrahlt, die andere diente als Kontrolle und erhielt keine Behandlung. Die Ausgangsleistung betrug 300 mW. Es gab 13 weibliche Nachkommen bei den Kontrollen und 11 bei der bestrahlten Gruppe, so wurden 24 Tiere im Experiment eingesetzt. Im Alter von 22 Tagen wurden die Nachkommen von der Mutter getrennt (Abstillphase), ein Tier der EMF-Gruppe starb, so dass die Experimente mit 13 Tieren in der Kontrollgruppe und 10 Tieren in der EMF-Gruppe durchgeführt wurden. Als die Ratten 26 Tage alt waren, begannen die Lern- und Gedächtnistests. Diese Tiere wurden im 8-Radialarm-Labyrinth und im passiven Vermeidungstest (Elektroschock) auf Lern- und Erinnerungsfähigkeit untersucht. Nach den Tests wurden am Tag 32 nach der Geburt die Gehirne entnommen und Gewebeschnitte des Hippocampus auf histologische Veränderungen im Lichtmikroskop durchsucht.

Ergebnisse: Das Lernverhalten war nach der Bestrahlung gestört. Im 8-Arm-Labyrinth brauchten die bestrahlten Tiere durchschnittlich 63 ± 27 s, um das Futter zu finden, während die Kontrolltiere nur 18 ± 4 s brauchten. Die Häufigkeit der falschen Wahl war nicht signifikant verschieden, die durchschnittlichen Werte betragen bei den bestrahlten Tieren $4,6 \pm 1,3$ und bei den Kontrolltieren $2,2 \pm 0,5$. Beim Vermeidungstest war die anfängliche Latenzzeit vor dem Elektroschock, in der die Tiere den anderen Sektor betreten, kaum verschieden (Kontrolle 12 ± 4 s, bestrahlte 12 ± 3 s). Nach Erfahrung des Elektroschocks nahmen sich die Kontrolltiere signifikant mehr Zeit als die bestrahlten, um die Schädigung zu meiden (262 ± 26 s und die bestrahlten 151 ± 48 s).

Am Skelett gab es in beiden Gruppen keine Auffälligkeiten. Die Gewebeschnitte zeigten bei den Kontrollen keine krankhaften Veränderungen, während in den bestrahlten Geweben sowohl neuronale als auch morphologische Schäden zu sehen waren. Die Pyramidenzellen im Ammonshorn waren in der bestrahlten Gruppe geschädigt.

Schlussfolgerungen: Diese Ergebnisse zeigen, dass Einwirkung von 900-MHz-Strahlung auf den Fetus im Mutterleib schädlich auf weibliche Nachkommen wirken kann in Bezug auf Lernverhalten und histopathologische Veränderungen im Hippocampus. Es könnte demnach einen Zusammenhang zwischen krankhaften Veränderungen und Verhalten geben. Auch wenn Ergebnisse aus Tierstudien nicht direkt auf den Menschen übertragen werden können, kann man doch sagen, dass die Entwicklung des Hippocampus von Ratten im pränatalen Stadium des Hippocampus dem Entwicklungsstadium des dritten Trimesters beim Menschen entspricht. Deshalb können die

Ergebnisse dieser und früherer Studien dieser Arbeitsgruppe so interpretiert werden, dass Langzeitnutzung des Mobilfunks für 1 Stunde täglich in der Schwangerschaft die Entwicklung des Hippocampus beim menschlichen Fetus beeinträchtigen kann. Da hier weibliche Ratten genutzt wurden (weil Mädchen mehr mobil telefonieren), gilt diese Schlussfolgerung für weibliche Feten.

Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf Glutamat-induzierten oxidativen Stress in HT22-Hippocampuszellen von Mäusen.

Effects of radiofrequency field exposure on glutamate-induced oxidative stress in mouse hippocampal HT22 cells. Von: Kim JY, Kim HJ, Kim N, Kwon JH, Park MJ. Erschienen in: International Journal of Radiation Biology 2016, <http://dx.doi.org/10.1080/09553002.2017.1237058>

Mehrere Studien haben ergeben, dass erhöhter oxidativer Stress in Nervenzellen eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung der Alzheimer-Krankheit spielt. Eine Quelle für oxidativen Stress im Gehirn ist Glutamat, ein endogener exzitatorischer Neurotransmitter im Zentralnervensystem, der an synaptischer Plastizität, Lernen und Gedächtnis beteiligt ist. Die Frage war, welchen Einfluss Mobilfunkstrahlung auf die Alzheimer-Krankheit hat, weil schwere Schäden an Zellkomponenten durch oxidativen Stress entstehen können, u. a. an DNA, Proteinen und Lipiden. Weil 1950 MHz keine Wirkung auf den Hippocampus von normalen Mäusen hatte, aber bei transgenen Mäusen das Auftreten der Alzheimer-Krankheit begünstigt, wurde in diesen Experimenten untersucht, welche Wirkung die 1950-MHz-Strahlung (WCDMA) auf den Glutamat-induzierten oxidativen Stress und die Zytotoxizität in den HT22-Nervenzellen hat. Glutamat ist ein wichtiger Neurotransmitter, aber in hohen Konzentrationen giftig. Dadurch kann es zu erhöhter Absterberate von Zellen über erhöhte ROS-Bildung kommen. In diesem in vitro-Experiment mit Hippocampus-Zellen HT22 von Mäusen wurde herausgefunden, dass die 1950-MHz-Strahlung die ROS-Produktion und Apoptose erhöht.

Studiendesign und Durchführung: Die Hippocampuszellen wurden mit 1950 MHz 2 Stunden mit 2, 4 und 6 W/kg behandelt. Danach erfolgten Glutamatgabe und die Bestimmung von Zellüberlebensrate, Zellzyklus-Verteilung, Glutamatwirkung auf den Zelltod und ROS-Produktion in den Zellen.

Ergebnisse: Die Wirkung des Glutamats auf die Zytotoxizität in den HT22-Zellen. Die Zellen wurden zuerst bestrahlt bzw. die Kontrollen scheinbestrahlt, dann wurde Glutamat in verschiedenen Konzentrationen dazugegeben. Es kam dosisabhängig zu schweren Zellschäden. Strahlung verminderte das Zellwachstum nicht-signifikant, während die Kombination Strahlung mit Glutamat die Zellzahl stärker verminderte als Glutamat allein. Die Zellmorphologie zeigte signifikante Veränderungen und Reduktion der Zellzahl nach 24 Stunden Glutamat-Behandlung allein und mit 1950 MHz. Beim Zellzyklus zeigte

sich, dass durch das Glutamat die G0/G1-Fraktion signifikant vermindert und die SubG1-Fraktion erhöht war, S und G2/M waren kaum verschieden. Weil die SubG1-Phase des Zellzyklus Zelltod bedeutet, wurde die Apoptose mit einer anderen Methode untersucht und das Ergebnis wurde bestätigt. Die 1950-MHz-Bestrahlung steigerte die Glutamat-induzierte Erhöhung des Zelltods. Die ROS-Produktion wurde durch Glutamat signifikant bei 4 und 6 W/kg erhöht, nicht bei 2 W/kg. Die 1950-MHz-Strahlung erhöhte ROS in der frühen Phase von 1–6 Stunden, Glutamat allein nur wenig, dort war die ROS-Produktion am höchsten nach 12 Stunden. Zu diesem Zeitpunkt erhöhte die Kombination Strahlung und Glutamat die ROS-Konzentration noch mehr. Behandlung mit N-Acetyl-Cystein (NAC), einem Antioxidant, das Freie Radikale reduziert, hob die ROS-Induktion durch Strahlung und Glutamat komplett auf und stellte das Zellwachstum in den HT22-Zellen wieder her, das durch Glutamat induziert worden war.

Weil Glutamat häufig den Zellstress-Signalweg aktiviert, wurde die Wirkung von Glutamat und Strahlung auf die Aktivierung von MAPKs (ERK1/2, p38, and JNK) untersucht. Auch hier bestätigte sich, dass sowohl Glutamat als auch Strahlung den Zelltod steigern, die Kombination beider ihn noch weiter erhöht, während die Behandlung mit NAC das Zellwachstum wiederherstellt.

Schlussfolgerungen: Kurz zusammengefasst: Glutamat erzeugt schweren Zelltod je nach Konzentration über erhöhte ROS-Produktion, 1950-MHz-Strahlung steigert das noch. Obwohl Glutamat ein wichtiger exzitatorischer Neurotransmitter im ZNS ist, hat es in hohen Konzentrationen auch eine neurotoxische Wirkung, die zum Zelltod führen kann. Das kann neurodegenerative Erkrankungen auslösen, z. B. die Alzheimer-Krankheit. Glutamat vermindert das Zellüberleben durch Induktion der Apoptose über gesteigerte ROS-Produktion. Die Strahlung steigert zusätzlich die Glutamat-bedingte Zytotoxizität durch Verstärkung der ROS-Produktion zu frühen Zeitpunkten. Die durch Glutamat und Strahlung hervorgerufene erhöhte ROS-Produktion führte zur Aktivierung des JNK-Signalweges, der für den ursächlich durch Glutamat und Strahlung hervorgerufenen Zelltod verantwortlich ist. Dies ist, soweit bekannt, der erste Bericht, dass 1950-MHz-Strahlung das Wachstum von Nervenzellen beeinflusst durch ROS-Bildung. Langzeitexperimente sollten die Befunde weiter klären.

Wirkung von Mobilfunkstrahlung auf die Pentylentetrazol-induzierte Anfall-Schwelle bei Mäusen.

Effect of mobile phone radiation on pentylentetrazole-induced seizure threshold in mice Von: Kouchaki E, Motaghdifard M, Banafshe HR . Erschienen in: Iran J Basic Med Sci 2016; 19: 800–803

Epilepsie ist die häufigste Hirnstörung nach Schlaganfällen und die Neuerkrankungen (Prävalenz) nehmen aus verschiedenen Gründen zu. Da die Mobilfunkanwendungen in den

letzten Jahren stark zugenommen haben, wollte man wissen, wie sich die Strahlung auf das menschliche Gehirn auswirkt. Epilepsie ist eine Störung im Gehirn, die zu Übererregbarkeit der Nervenzellen führt. Man nimmt an, dass es ein Ungleichgewicht zwischen hemmenden, durch Gamma-Amino-Buttersäure (GABA) vermittelten, und exzitatorischen, Glutamat-vermittelten Nervenübertragungen gibt. Einige Studien haben eine Wirkung elektromagnetischer Mobilfunkwellen auf das Zentralnervensystem (ZNS) gezeigt. Man sieht auch Veränderungen im EEG von Ratten, am stärksten in der Hirnaktivität des limbischen und olfaktorischen Cortex. Einige Studien untersuchten Epilepsie-Patienten und es gab Experimente mit Versuchspersonen, aber die Ergebnisse sind nicht eindeutig. In dieser Studie sollte die Wirkung akuter und chronischer Mobilfunkstrahlung auf klonische und tonische Anfälle (Zuckungen bzw. Muskelkrämpfe) untersucht und festgestellt werden, wo die Schwelle für das Auslösen der Anfälle bei Mäusen ist, wenn sie Mobilfunkstrahlung ausgesetzt sind. Zum Auslösen von Anfällen bekamen die Tiere Pentylentetrazol (PTZ).

Studiendesign und Durchführung: Sieben Gruppen von männlichen Mäusen (mindesten 8 Tiere pro Gruppe) wurden eingesetzt: unbestrahlte Kontrolle, Gruppen 2 – 4 wurden einmalig 30, 60 und 90 Minuten mit 900–950 MHz (217 Hz gepulst) bestrahlt (akut), Gruppen 5 – 7 bekamen die tägliche Bestrahlung 30 Tage lang (chronisch). Das Telefon war auf „antworten“ eingestellt. Die Bestrahlung erfolgte immer zwischen 9 und 11 Uhr morgens im Licht. Das Pentylentetrazol wurde intravenös mit einer Infusionsrate von 0,5 ml/min verabreicht, die Konzentration von PTZ betrug 5 mg/ml, die Kontrolltiere bekamen physiologische Kochsalzlösung. Die klonischen Krampfanfälle wurden durch Beobachtung von Kopf und Nacken und der Vorderbeine festgestellt, die tonischen erkennt man am extremen Strecken der Hinterbeine und extremer Starre der Vorderbeine.

Ergebnisse: Die akute Bestrahlung löste keine signifikanten Veränderungen der klonischen und tonischen Anfallschwellen aus, während die chronische Bestrahlung die klonische und tonische Schwelle signifikant senkte. Bei 60 min Einwirkung der Strahlung war bei klonischen und tonischen Anfällen die stärkste Absenkung zu sehen, bei 90 min leicht erhöht gegenüber 60 min. Die durchschnittliche Dosis für die klonische Schwelle betrug bei 30, 60 und 90 min. $68,1 \pm 2,5$, $55 \pm 2,7$ und $57 \pm 4,7$ mg/kg, bei der Kontrolle $80 \pm 2,7$ mg/kg.

Bei den tonischen Krämpfen betrug die Durchschnittswerte für die Schwelle in der Kontrollgruppe $141 \pm 4,4$, $125 \pm 4,5$, $106 \pm 5,1$ und $1106 \pm 5,9$ mg/kg (Anmerkung der Redaktion: die 1106 sollen vermutlich 110 heißen, scheint ein Schreib-/ Druckfehler zu sein).

Schlussfolgerungen: Hier wird erstmalig gezeigt, dass chronische Einwirkung von Mobilfunkstrahlung von 900–950 MHz (GSM) die Schwelle zum Auslösen von Krampfanfällen senkt, wenn die Tiere PTZ intravenös verabreicht bekamen. Trotz der Warnungen von Forschern vor den physiologischen Wirkungen elektromagnetischer Felder auf Lebewesen nutzt mehr als ein Drittel der Weltbevölkerung Mobiltelefone täglich. Es gibt nur wenige Studien zu Epilepsie und Mobilfunk, aber einige

mögliche Mechanismen der Mobilfunkwirkung auf Anfälle werden diskutiert. Man hat festgestellt, dass Langzeiteinwirkung von elektromagnetischen Feldern die Calcium-Konzentration in Nervenzellen verändern kann, was den oxidativen Zustand der Zelle ändert. Es wurde gezeigt, dass die Erregbarkeit des Gehirns signifikant geändert wird durch Mobilfunkstrahlung. Man nimmt an, dass diese Übererregbarkeit durch Minderung der GABA-vermittelten Hemmung oder Steigerung der N-methyl-D-aspartate (NMDA)-vermittelten exzitatorischen Aktivität entsteht oder durch beides. Eine solche Störung im Neurotransmitter-Gleichgewicht, die zu der Übererregbarkeit führt, könnte mit erhöhtem Blutfluss in einer Hemisphäre zusammenhängen. Das konnte mit Messungen des Nervstoffwechsels während der Einwirkung von Mobilfunkbestrahlung festgestellt werden. Es wurde auch gezeigt, dass Mobiltelefon-Strahlung die Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke erhöht, sofort und 14 Tage nach der Bestrahlung. Diese Durchlässigkeit könnte die Schutzfunktion der Blut-Hirn-Schranke schwächen, indem potenziell schädliche im Blut zirkulierende Substanzen wie PTZ hindurch gelangen können und die Anfallschwelle senken. Kürzlich wurde gezeigt, dass Mobiltelefon-Strahlung oxidative Schädigung, Lipidperoxidation und Erhöhung des Stickstoffoxidgehaltes in den Zellen steigern könnte, wenn die Mäuse PTZ erhalten und Krampfanfälle gezeigt hatten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass chronische Einwirkung (30 Tage) die Schwelle für epileptische Anfälle bei Mäusen senkt. Obwohl Kurzzeiteinwirkung der Mobiltelefon-Strahlung keine signifikanten Wirkungen auf die Anfälle bei Mäusen hat, könnte die ständige Nutzung des Mobiltelefons das Risiko eines epileptischen Anfalls erhöhen, deshalb sollte Mobilfunknutzung eingeschränkt werden.

FERTILITÄT, EMBRYO, POSTNATALE WIRKUNGEN

Wirkung von vor- und nachgeburtlicher Einwirkung von Strahlung einer 1880–1900 MHz-DECT-Basisstation auf die Entwicklung von Ratten.

Effects of pre- and postnatal exposure to 1880–1900 MHz DECT base radiation on development in the rat. Von: Stasinopoulou M, Fragopoulou AF, Stamatakis A, Mantziaras G, Skouroliakou K, Papassideri IS, Stylianopoulou F, Lai H, Kostomitsopoulos N, Margaritis LH. Erschienen in: *Reproductive Toxicology* 65 (2016), 248–262, <http://dx.doi.org/10.1016/j.reprotox.2016.08.008>

Diese Studie sollte die Wirkung von 1880–1900-MHz-Strahlung von DECT-Basisstationen von Schnurlostelefonen auf die Entwicklung von Ratten untersuchen, die vor und nach der Geburt bestrahlt worden waren. Schon 1961 wurde untersucht, ob die Strahlung, meist bei 2450 MHz, sich schädlich teratogen und reproduktiv auswirkt. Später fand man, dass

teratogene Schädigung auftritt, wenn bestimmte SAR überschritten ist und Temperaturerhöhung entsteht. Seitdem sind viele zusätzliche Strahlungsquellen dazugekommen von drahtlosen Geräten wie Mobil- und Schnurlostelefone, Router (Wi-Fi), Tablets, iPads usw. es wäre wichtig zu wissen, ob besonders empfindliche Personen wie Kinder, Schwangere, ältere Menschen und Elektrosensible stärker geschädigt werden. Es gibt nur wenige Studien zu Auswirkungen auf Tiere (Wachstum, Entwicklung, Reproduktion) oberhalb der ICNIRP-Grenzwerte von 0,08 W/kg Ganzkörper-Einwirkung. Gegenstand dieser Studie war das Risiko der Entwicklung, wenn DECT-Strahlung während der Trächtigkeit und nach der Geburt der Ratten einwirkt. Von besonderem Interesse war die Wirkung auf die Trächtigkeitkapazität, die Entwicklung des Embryos, das Wachstum des Neugeborenen und ob das Gehirn der Nachkommen vollständig entwickelt ist.

Studiendesign und Durchführung: Die weiblichen Tiere wurden während der gesamten Trächtigkeit mit einem elektrischen Feld von $3,7 \pm 0,3$ V/m (peak 35 V/m) 12 Stunden täglich bestrahlt, dabei war das Gerät 30 min an und 30 min aus. Die Basisstation stand zwischen 2 Käfigen im Abstand von 20 cm zur Mitte der Käfige, die abgeschirmt waren. Die Ganzkörper-SAR betrug zwischen 0,016 und 0,020 W/kg für das worst-case-Szenario. Gewicht, Größe, Länge, Plazentadicke und Herzrate wurden gemessen. Nach der Geburt wurde je eine Gruppe der Muttertiere und der Nachkommen für 22 weitere Tage ähnlich bestrahlt, die andere Gruppe ohne Bestrahlung gehalten, die Kontrollgruppe wurde scheinbestrahlt. Der Tag 22 ist der Tag, nachdem die Tiere entwöhnt wurden. Am Tag 1 nach der Geburt erfolgten makroskopische Untersuchungen. Am Tag 22 wurden die Gehirne entnommen, in der Mitte geteilt und für Gewebeschnitte aufbereitet zur Untersuchung auf Gewebeveränderungen mikroskopisch und mit GFAP-Bestimmung. GFAP (Glialfasern-saures Protein) ist ein Protein, das erhöht ist, wenn Nervenzellen verletzt werden, um die Zellreste abzutransportieren.

Ergebnisse: Am Tag 17 der Trächtigkeit war die Herzrate statistisch bei den bestrahlten Tieren signifikant erhöht. Am ersten Tag nach der Geburt zeigten Gewicht und Länge keine signifikanten Unterschiede. Die histologischen Untersuchungen der 22 Tage alten Tiere (entspricht der frühen Kindheit beim Menschen) ergaben im Hippocampus, frontalen und somatosensorischen Cortex (wichtige Regionen bei der Entwicklung von Kindern betreffend Lernen, Gedächtnis, Sensorik), dass die Zelldichte der Pyramidenzellen im Hippocampus signifikant geringer war in den beiden bestrahlten Tiergruppen (sowohl den pre- als auch den pre- und post- bestrahlten Tieren) in der CA4-Region, nicht in den CA1-, CA3- und DG-Regionen. Sie war Folge der Zellzahl, nicht der Zellgröße, denn der Durchmesser der Zellen war gleich. Im frontalen und somatosensorischen Cortex gab es keine signifikanten Unterschiede. Die GFAP-Bestimmung ergab einen signifikanten Anstieg in der C4-Region im Hippocampus, nicht in den Cortex-Regionen.

Schlussfolgerungen: Die Daten zeigen, dass die Strahlung von DECT-Basisstationen mit 3,7 V/m keinerlei Änderungen in der somatogenetischen Entwicklung der Embryos zur Folge hat,

aber die Herzrate am Tag 17 erhöht hat. Außerdem kann die Strahlung die körperliche Entwicklung bei den Neugeborenen verändern, entweder direkt durch Strahlungsabsorption der Embryos oder indirekt über Wirkungen bei der Mutter, z. B. hormonelle Einflüsse. Die geringe Zelldichte der Pyramidenzellen könnte potenziell eine starke Glia-Reaktion im Gehirn auslösen, deshalb wurde die GFAP-Expression (ein spezifisches Marker-Protein für Astrozyten) in der CA4-Region gemessen. Das Protein hilft, die Abbauprodukte der Zellen zu entsorgen. Hier könnte es erhöht sein, weil Pyramidenzellen durch die Strahlung geschädigt sind. Die Ergebnisse können vielleicht die Gedächtnisdefizite und Proteinveränderungen erklären, die auch in einer früheren Arbeit mit erwachsenen Mäusen unter denselben DECT-Bestrahlungsbedingungen erfolgt waren. Außerdem sah man signifikante Änderungen der somatischen Charakteristiken bei den neugeborenen Ratten. Pyramidenzellverlust und Erhöhung von GFAPs in der CA4-Region des Hippocampus bei den 22 Tage alten Jungtieren (prä- und post- bestrahlte Tiere), könnten potenziell zusammenhängen mit Beeinträchtigung der Entwicklung während der Fetalperiode.

Zusammenfassend kann man sagen, dass die DECT-Bestrahlung der Ratten im Uterus mit SAR-Werten weit unterhalb der Grenzwerte die Herzrate der Embryos leicht beeinflusst, während die pre- und postnatale Bestrahlung im Hippocampus signifikante Veränderungen bei den Nachkommen hervorruft. Das könnten irreversible Schäden während der Embryogenese sein. Auch wenn die Ergebnisse nicht direkt auf den Menschen übertragen werden können, ist doch Vorsorge bei empfindlichen Personengruppen (Schwangere, Babies und Kinder) angebracht, bis mehr Studien zur Wirkung auf den Menschen erfolgt sind.

900-MHz-induzierte DNA-Schädigung und Zellzyklusstopp in Hodenkeimzellen von Swiss Albino-Mäusen.

Radiofrequency radiation (900 MHz)-induced DNA damage and cell cycle arrest in testicular germ cells in swiss albino mice. Von: Pandey N, Giri S, Das S, Upadhyaya P. Erschienen in: *Toxicology and Industrial Health* 2016, 1–12, DOI: 10.1177/0748233716671206

Männliche Unfruchtbarkeit ist ein wachsendes Problem weltweit. Bei fast der Hälfte kennt man die Ursache nicht. Ein schädlicher Faktor in der Umwelt könnte die Mobilfunkstrahlung sein. Spermienentwicklung ist ein komplexer und stark synchronisierter Prozess, der durch Veränderungen gestört werden kann. Am häufigsten tritt verminderte Spermienzahl auf. Auch wenn es widersprüchliche Forschungsergebnisse in Bezug auf zelluläre und molekulare Veränderungen durch 900-MHz-Mobilfunkstrahlung gibt, können biologische Wirkungen nicht ausgeschlossen werden. Die weite Verbreitung von Mobiltelefonen führte zu der Untersuchung auf Veränderungen der männlichen Keimzellen direkt nach Einwirkung der Mobilfunkstrahlung und nach einer Erholungsphase.

Studiendesign und Durchführung: Männliche Swiss Albino-Mäuse wurden in 5 Gruppen zu je 15 Tieren eingeteilt. Eine Gruppe war die unbestrahlte Kontrolle, zweimal 2 Gruppen wurden 4 bzw. 8 Stunden täglich mit einer Leistungsflussdichte von 2,717–0,284 W/m² (abhängig von der Entfernung des Tieres von der Antenne) 35 Tage lang bestrahlt, die SAR betrug 0,0516–0,0054 W/kg. Nach den 35 Tagen (35 Tage ist ein Entwicklungszyklus der Spermien bei Mäusen) wurde eine Hälfte der Tiere sofort getötet und untersucht, die 2. Hälfte lebte 35 Tage ohne Bestrahlung weiter (Erholungsphase) und wurde dann untersucht auf Spermienzahl, missgebildete Spermienkopfformen, Histologie des Hodens, DNA-Gehalt, DNA-Strangbrüche und das Mitochondrienmembranpotenzial in den Keimzellen.

Ergebnisse: Es gab einen statistisch signifikanten Anstieg im Schädigungsindex in den Keimzellen und Defekten in den Spermienköpfen in allen 4 bestrahlten Gruppen, höher bei 8 als bei 4 Stunden. Bei den Tieren nach der Erholungsphase waren die Defekte bei 4 Stunden 1,5 - und bei 8 Stunden 1,7-fach geringer. Die Bestimmung der Keimzell-Subtypen zeigte in den Mäusehoden eine 2,5-fach erhöhte Anzahl von Spermatozoen und signifikante Abnahme der Spermatozoen und eine geringere Spermienzahl bei den bestrahlten Tieren. Der Entwicklungszyklus der Spermienzellen ist gestört.

Die im Mikroskop sichtbaren morphogenetischen Veränderungen bestanden in Atrophie des Epithels der Samenkanälchen, charakterisiert durch Ausstoßen von unreifen Keimzellen in das Lumen der Kanälchen, in den bestrahlten Gruppen zu einem 10- bis 12-fach höheren Prozentsatz als in den Kontrollen. Nach 35 Tagen kam es zu 4-fach erhöhter Erholung in der 4-Stunden-Gruppe und zu 3-facher in der 8-Stunden-Gruppe. Es scheint, als würde die 8-Stunden-Bestrahlung zu langsamerer Erholung führen. Auch die Atrophie, die Schädigung des Epithels und die anderen Veränderungen waren nach 35 Tagen geringer.

Bei den DNA-Untersuchungen zeigte sich durchschnittlich signifikant geringere Kopf-DNA bei den bestrahlten Tieren, die Strangbrüche waren signifikant erhöht gegenüber der Kontrolle, aber nach 35 Tagen Erholung signifikant zurückgegangen.

An den Mitochondrienmembranen der Hodenzellen erzeugte die 900-MHz-Strahlung Depolarisation, es gab einen fast 7-fachen Anstieg der Zellen mit depolarisierten Mitochondrienmembranen bei den bestrahlten Tieren, was zu Destabilisierung der zellulären Redox-Homöostase führte. Nach 35 Tagen Erholung war die Anzahl der Zellen mit depolarisierten Mitochondrienmembranen geringer.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse zeigen eine Beeinträchtigung der Spermienentwicklung durch ausgedehnte DNA-Schädigung in den unreifen Spermienzellen in den Hoden. Die 900-MHz-Strahlung kann bei Ganzkörper-Bestrahlung unterhalb der ICNIRP-Grenzwerte die Spermiencharakteristiken in den Mäusehoden durcheinander bringen. Die Schädigung ist nach mehreren Zyklen reversibel. Die erhöhte Anzahl von defekten Spermien könnte auf Chromosomenaberrationen der Spermien beruhen, auf Punktmutationen in der Hoden-DNA, veränderte Spermienendifferenzierung oder Lipidperoxidation in den Spermienmembranen.

Wirkung von Langzeitbestrahlung eines 2G-Mobiltelefons (900–1900 MHz) auf die Hoden von Mäusen.

Effects of Long Term Exposure to a 2G Cell Phone Radiation (900–1900 MHz) on Mouse Testis. Von: Mugunthan N, Anbalagan J, S Meenachi S. Erschienen in: International Journal of Science and Research 3 (9) 2014, 523–529

Die gepulste Mobilfunkstrahlung kann thermischen und nicht-thermischen Stress in Form von Freien Radikalen hervorrufen, und dadurch Enzymreaktionen ändern und das Immunsystem beeinträchtigen. Die meisten Länder haben einen SAR-Grenzwert für 10 g Gewebe von 2,0 W/kg und einen Ganzkörper-Grenzwert von 0,4 W/kg, der auf der thermischen Schwelle (Erhöhung um 1 °C) basiert. Bekannt ist, dass durch Mobilfunkstrahlung DNA-Strangbrüche in verschiedenen Zellen, erhöhtes Krebsrisiko und Verhaltensänderungen entstehen können. Wenn Männer das Telefon im Bereich des Unterkörpers tragen, kann die Spermienqualität beeinträchtigt werden, der Testosteronspiegel reduziert und ROS-Produktion erhöht werden. Einige Forscher fanden keine solchen Wirkungen. Das Ziel dieser Studie war, aufgrund der widersprüchlichen Ergebnisse mögliche chronische Wirkungen von 900–1900 MHz von 2G-Mobiltelefonen auf die Hoden von Mäusen auf histologischer Ebene zu untersuchen.

Studiendesign und Durchführung: Je 18 männliche Mäuse wurden 48 min/Tag für 30-180 Tage mit 900–1900 MHz bestrahlt oder erhielten Scheinbestrahlung. Jeweils 3 Tieren wurden 24 Stunden nach der letzten Bestrahlung am Tag 30, 60, 90, 120, 150 und 180 die Hoden entnommen, dazu dieselbe Anzahl von Kontrolltieren. Im Blutplasma wurden Testosteron-Gehalt bestimmt, Gewicht, Größe und Volumen der Hoden gemessen. Im Lichtmikroskop erfolgte die Untersuchung der Gewebeproben auf histologische Veränderungen.

Ergebnisse: In den bestrahlten Gruppen war das Gewicht der Tiere im 1., 2. und 4. Monat geringer als bei den Kontrolltieren. Das Hodengewicht war in allen bestrahlten Gruppen signifikant reduziert außer im 4. Monat, das Volumen war signifikant reduziert in den ersten 3 Monaten. Innerhalb von 3 Monaten war die Dichte der Samenkanälchen und die Anzahl von Sertoli- und Leydigzellen signifikant niedriger bei allen bestrahlten Hoden. Die Durchmesser der Samenkanälchen waren signifikant vermindert außer im 2. Monat. Im Vergleich zu den Kontrolltieren war die durchschnittliche Testosteronkonzentration der bestrahlten Tiere signifikant niedriger. Die anschließenden mikroskopischen Untersuchungen ergaben, dass 1. das Interstitium weiter erschien, 2. Sertolizellen und Spermatogonien von den Basalmembranen abgelöst waren, 3. Degeneration mit Vakuolen und Abschuppung des Epithels der Samenkanälchen. Die meisten der peripheren Tubuli zeigten Reifungsstopp in der Spermatogenese.

Schlussfolgerungen: Chronische Einwirkung von ultrahochfrequenter Strahlung von 2G-Mobiltelefonen könnte eine Reduktion von Körper- und Hodengewicht, von Hodenvolumen und

Testosterongehalt im Blut hervorrufen. Mikroskopisch sichtbare Veränderungen in den Samenkanälchen (Durchmesser und Dichte), Degeneration und Abschuppung des Epithels der Samenkanälchen, Reifungsstopp der Spermatogenese, Reduktion der Anzahl von Sertoli- und Leydigzellen und Abnahme des Testosteronspiegels im Serum könnten bedeuten, dass Langzeitnutzung von Mobiltelefonen männliche Unfruchtbarkeit verursacht.

GENTOXIZITÄT

2100-MHz-Strahlung eines 3G-Mobiltelefons und die oxidative DNA-Schädigung im Gehirn.

The 2100 MHz radiofrequency radiation of a 3G-mobile phone and the DNA oxidative damage in brain. Von: Şahin D, Özgür E, Güler G, Tomruk A, Ünlü I, Sepici-Dinçel A, Seyhan N. Erschienen in: J Chem Neuroanat 2016; 75 Pt B: 94-98 <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jchemneu.2016.01.002>

DNA-Schäden entstehen auf viele verschiedene Arten, abhängig von der Natur des Angriffs, z. B. in Signalwegen oder spontan. Dafür gibt es Reparaturfunktionen, die die DNA wiederherstellen. Die Reaktionen auf die DNA-Schädigung können ganz verschieden sein, wobei Prozesse wie reversible Phosphorylierung, Methylierung, Acetylierung von Proteinen und andere Reaktionen mitwirken. Mobilfunkstrahlung könnte zu verschiedenen Reaktionen in verschiedenen Geweben führen, da die Absorption der Strahlung direkt von den dielektrischen Eigenschaften und der Leitfähigkeit abhängt. Das Hirngewebe z. B. enthält viel Wasser. Die Zellen des Nervensystems sind besonders anfällig für oxidative Schädigung und es können oxidierte Lipide und Proteine entstehen. Vor allem die Schwann'schen Zellen und Axone haben einen hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren und reagieren empfindlich auf Freie Sauerstoff-Radikale. Diese Studie hatte zum Ziel, die oxidative DNA-Schädigung und Lipidperoxidation des Gehirns, das 10 und 40 Tage der 2100-MHz-Strahlung ausgesetzt war, zu untersuchen, vergleichbar akuter und chronischer Einwirkung der Strahlung.

Studiendesign und Durchführung: Die Strahlung eines 3G-Mobiltelefons, hier mit einem Generator, dessen Strahlung ähnlich der eines 3G-Mobiltelefons war, wirkte 10 und 40 Tage auf 4 Gruppen weiblicher Ratten ein: 1. 2100 MHz 6 Stunden/Tag, 5 Tage/Woche für 2 Wochen (9 Tiere); 2. Kontrolle 10 Tage scheinbestrahlt (6 Tiere); 3. 40 Tage je 5 Tage 6 Stunden täglich (9 Tiere) und 4. Kontrolle 40 Tage (6 Tiere). Die Ganzkörper-SAR betrug 0,4 W/kg. Untersucht wurden danach jeweils oxidative DNA-Schädigung (8-OH-dG) und Lipidperoxidation (MDA-Konzentrationen) im Hirngewebe.

Ergebnisse: Man sah keine signifikanten Unterschiede bei den oxidativen DNA-Schäden (8-OH-dG, pg/ml) zwischen Gruppe

2 und Gruppe 3 sowie bei Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 4 im Hirngewebe. Die DNA-Oxidation war angestiegen in Gruppe 1 gegenüber Gruppe 2 und Gruppe 3. Die DNA-Schäden durch Oxidation waren auch angestiegen in Gruppe 4 im Vergleich zu den Gruppen 2 und 3. Nach 40 Tagen war die Lipidperoxidation vermindert in Gruppe 3 ($8,88 \pm 1,74$ nmol/g Gewebe) im Vergleich zu Gruppe 4 ($11,65 \pm 0,81$).

Als Hauptergebnisse lässt sich festhalten, dass nach 10 Tagen ein Anstieg der DNA-Oxidation im Hirngewebe auftritt und nach 40 Tagen eine Abnahme erfolgt im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollen und den 10 Tagen Bestrahlung. Die Lipidperoxidation war nach 40 Tagen geringer als nach 10 Tagen.

Schlussfolgerungen: Der Rückgang der DNA-Schädigung nach 40 Tagen lässt auf DNA-Reparatur schließen. Die Zellreaktionen auf DNA-Schädigung hängen stark von der Art des Angriffs ab. Beispielsweise können Änderungen in Signalwegen auftreten oder es sind spontane Ereignisse. Organismen haben DNA-Reparaturmechanismen entwickelt, um sich zu schützen. Das sind streng regulierte reversible Prozesse, bei denen Proteine modifiziert werden. Die Daten dieser Experimente deuten darauf hin, dass Organismen zelluläre Wege der DNA-Reparatur zur Anpassung entwickelt haben. Die Reparaturtätigkeit wird beschleunigt, um sich vor DNA-Schädigung nach Langzeiteinwirkungen zu schützen.

Mobiltelefonsignale lösen eine Hormese-ähnliche Wirkung in $Atm^{+/+}$ und $Atm^{-/-}$ embryonalen Fibroblasten von Mäusen aus.

Mobile phone signal exposure triggers a hormesis-like effect in $Atm^{+/+}$ and $Atm^{-/-}$ mouse embryonic fibroblasts. Von: Sun C, Wei X, Fei Y, Su L, Zhao X, Chen G, Xu Z. Erschienen in: Scientific Reports 2016, 6:37423, DOI: 10.1038/srep37423

Die IARC hat Mobilfunkstrahlung als potenziell Krebs erregend für den Menschen klassifiziert, aber die Entscheidung basiert auf nur wenigen Forschungsarbeiten, es fehlen solide Bestätigungen durch Experimente. Insbesondere fehlt es an genauen Daten zur gentoxischen Wirkung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Experimente mit verschiedenen Zellen und unter verschiedenen Bedingungen haben unterschiedliche Ergebnisse erbracht. Zur Untersuchung der gentoxischen Wirkung bzw. der Genomstabilität können Fibroblasten von Mäusen eingesetzt werden, die normale oder veränderte Gene der Ataxia Teleangiectasia mutated (ATM) haben. Um herauszufinden, ob die Strahlung gentoxisch ist, wurde die Wirkung von 1800-MHz-Strahlung auf genomische DNA von embryonalen Mäuse-Fibroblasten mit vorhandenem und fehlendem ATM-Gen ($Atm^{+/+}$ and $Atm^{-/-}$) verglichen. Bei diesen Zellen wird durch Strahlung und andere schädigende Stoffe sofort die Atm aktiviert durch Autophosphorylierung, was die DNA-Reparatur behindert. ATM^{-} führt zu Instabilität in den Chromosomen und diese Tiere sind empfindlicher gegenüber ionisierender Strahlung, oxidativem Stress und anderen Schädigungen. Deshalb wurden diese beiden

Zellvarianten verwendet, um die Wirkung der 1800-MHz-Strahlung auf die genomische DNA herauszufinden.

Studiendesign und Durchführung: Die embryonalen Fibroblastenzellen wurden mit 1800 MHz intermittierend bestrahlt (5 min an/10 min. aus) für 1, 12, 24 oder 36 Stunden täglich bei 4,0 W/kg. Dazu kam je eine scheinbestrahlte Kontrolle. Danach erfolgte die Bestimmung der Doppel- und Einzelstrang-DNA-Brüche (alkalischer und neutraler Komet-Test, Immunfluoreszenz) mit mindestens 3 Wiederholungen und Untersuchung des Zellzyklus, der Zellüberlebensrate und H_2O_2 - und 4NQO-Behandlung zur positiven Kontrolle.

Ergebnisse: Die Temperaturunterschiede zwischen scheinbestrahlten Kontrollen und bestrahlten Zellen betrug nicht mehr als $0,1$ °C. In beiden Fibroblasten-Mutanten wurden anfänglich DNA-Strangbrüche induziert, später waren geringe Strangbrüche zu finden.

In den $+/+$ -Mutanten war signifikante DNA-Brüche nach 1 Stunde Bestrahlung zu sehen. In den 12- und 24-h-Gruppen gab es keine sichtbaren Veränderungen, aber nach 36 Stunden waren die DNA-Brüche geringer als bei den Kontrollen. Auch in den Minus-Zellen war zu sehen, dass in 12 Stunden die Strangbrüche ansteigen, um dann nach 24 und 36 Stunden unter die der Kontrollgruppe zu fallen. Mit dem neutralen Komettest konnte gezeigt werden, dass die 1800-MHz-Strahlung signifikante DNA-Brüche nur in den Minus-Zellen nach 12 und 24 Stunden erzeugt, nicht in den Plus-Zellen. Ähnlich wie beim alkalischen Komettest waren die Doppelstrangbrüche in den Minus-Zellen nach 36 Stunden unter die der Kontrollen gesunken. Die DNA-Strangbrüche werden offensichtlich innerhalb von 36 Stunden repariert.

Die 1800-MHz-Strahlung griff nicht in den Zellzyklus ein, veränderte nicht die Zahl der lebenden Zellen und das Zellwachstum oder die Apoptose. Beide Zelltypen können demnach innerhalb von 36 Stunden Schäden reparieren. Die 1800-MHz-Strahlung erzeugt ähnliche Schäden in den beiden Zellarten wie die giftigen Chemikalien 4-nitroquinoline 1-oxide (4NQO) und Wasserstoffperoxid (H_2O_2), Stoffe, die oft als positive Kontrolle für DNA-Schädigung verwendet werden. Das bedeutet, dass alle 3 Einwirkungen in den passenden Konzentrationen den gleichen Grad an Schäden verursachen.

Schlussfolgerungen: Diese Ergebnisse deuten darauf hin:

- 1) 1800 MHz können DNA-Strangbrüche nach 1 Stunde in den Plus-Zellen und 12 Stunden in den Minus-Zellen erzeugen,
- 2) die DNA-Schädigung hängt vom Zelltyp ab und
- 3) schwache DNA-Schädigung kann repariert werden, so dass am Ende weniger Schäden als in den Kontrollzellen zu sehen sind.

Das beobachtete Phänomen, dass erst Anstieg und dann Abnahme der DNA-Schädigung erfolgt, ähnelt sehr dem bekannten Phänomen der hormetischen Dosis-Wirkungs-Reaktion eines giftigen Stoffes. Hormese ist dadurch gekennzeichnet, dass niedrige Dosen zu einer Gewöhnung führen, so dass hohe Dosen keine Schäden mehr hervorrufen. Man geht davon aus, dass eine gewisse DNA-Schädigung normal und nötig ist für biologische Prozesse, z. B. bei Replikation und Transkription, Meiose. Deshalb könnte eine DNA-Schädigung unterhalb

des Hintergrundlevels ungünstig sein. Zu geringe DNA-Brüche könnten normale Zellfunktionen behindern, wenn Strangbrüche nicht erfolgen oder zu schnell repariert werden. Soweit bekannt, ist dies die erste Studie, die eine Hormesis-ähnliche Wirkung von HF-Strahlung zeigt. Wie sich Langzeiteinwirkung auf biologische Prozesse und die Gesundheit auswirkt, bleibt zu klären.

WIRKMECHANISMUS ROS / OXIDATIVER STRESS

Schutzwirkung von Vitamin E gegen oxidative Parameter durch 3-mT-Magnetfelder in der Substantia nigra von Ratten.

Protective effects of vitamin E consumption against 3MT electromagnetic field effects on oxidative parameters in substantia nigra in rats. Von: Ghanbari AA, Shabani K, Mohammad Nejad D. Erschienen in: Basic and Clinical Neuroscience 2016, 7 (4), 315–322. DOI: <http://dx.crossref.org/10.15412/J.BCN.03070404>

Elektromagnetische Felder (EMF) können biologische Systeme beeinflussen durch Bildung von freien Radikalen in den Zellen. Freie Radikale sind sehr reaktive Moleküle, man unterscheidet reaktive Sauerstoff-Arten (reactive oxygen species, ROS) und reaktive Stickstoff-Arten (reactive nitrogen species, RNS). EMF beeinflussen Stoffwechselprozesse durch verschiedene Mechanismen. Die Energie der Felder kann zur Bildung freier Radikale führen. Außerdem können EMFs die Lebensdauer von freien Radikalen verlängern, wodurch die Konzentration an freien Radikalen in den Zellen steigt. Zu hohe Konzentrationen an ROS ist schädlich für die Zelle, deshalb gibt es Abwehrmechanismen, um die Zelle vor oxidativer Schädigung zu schützen. Dieses System besteht in 2 Arten von Antioxidantien, Moleküle wie die Vitamine A, C und E sowie Enzymen wie Katalase, Glutathionperoxidase (GSH-Px) und Superoxid-Dismutase (SOD). Im Gehirn gibt es fast keine Katalase-Funktion. Das Superoxid-Radikal ist sehr giftig und die SOD überführt es sehr schnell in H_2O_2 und molekularen Sauerstoff (O_2). H_2O_2 wird sofort zerstört durch Katalase und GSH-Px.

EMFs vervielfältigen den oxidativen Stress und können speziell das Antioxidans-Abwehrsystem verschlechtern. Nervenzellen die sich teilen, wie Neuronen und Gliazellen, sind anfällig für Angriffe von freien Radikalen und es kommt zu Nervenschädigung. Der programmierte Zelltod kann eine Folge sein. Ein Ungleichgewicht zwischen ROS-Produktion (z. B. Superoxid O_2^- , Wasserstoffperoxid H_2O_2 , Hydroxyl OH oder Peroxylradikalen) und der Fähigkeit der Zellen, diese Moleküle mit Antioxidantien abzufangen, wird als oxidativer Stress bezeichnet. Überproduktion von ROS erzeugt oxidative Schädigung von Biomolekülen (Lipide, Proteine und Nukleinsäuren). Dadurch werden Enzymaktivitäten und Genexpression verändert, was zu vielen Krankheiten führen kann wie Atherosklerose, Diabetes, Rheumatischer Arthritis, Schlaganfall, Herz-Kreislauf- und

neurodegenerativen Erkrankungen. Der größte oxidative Stress betrifft die mehrfach ungesättigten Fettsäuren in Organellen und Zellmembranen, mit denen die freien Radikale reagieren (Lipidperoxidation). Das Endprodukt davon ist Malondialdehyd (MDA), ein giftiges Molekül, das im Labor als Marker für oxidativen Stress im Körper eingesetzt wird. Das Gehirn ist besonders betroffen, da es einen hohen Sauerstoffumsatz hat und die Zellen viele ungesättigte Fettsäuren enthalten. Gegen Lipidperoxidation werden Antioxidantien wie Vitamin E von den Zellen eingesetzt, die Zellmembranen werden vor der zerstörenden Wirkung der freien Radikale geschützt. Vitamin E ist das wichtigste Antioxidans, das die Lipidperoxidation hemmen kann. Die Parkinsonsche Krankheit ist eine Erkrankung, bei der die Dopamin-erzeugenden Zellen in der Substantia nigra nach und nach absterben. Oxidativer Stress scheint dabei ein Faktor zu sein. Kürzlich wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen Parkinson und elektromagnetischen Feldern angenommen. Da es keine Experimente gibt, die die Auswirkungen auf die Zellen der Substantia nigra untersucht haben, wurde dieses Experiment durchgeführt. Das Ziel dieser Studie war, die Wirkung von 3-mT-EMFs auf die Substantia nigra zu bestimmen und die Fähigkeit von Vitamin E, den oxidativen Stress zu reduzieren und Lipidperoxidation zu verhindern. Das Enzym Glutathion-Peroxidase GSH-Px katalysiert die Oxidation von Glutathion (GSH). Die Rolle der Superoxid-Dismutase (SOD) ist, die Spaltung des sehr giftigen Superoxid-Radicals in H_2O_2 und molekularen Sauerstoff (O_2) zu beschleunigen.

Studiendesign und Durchführung: 40 männliche Ratten wurden in 4 Gruppen zu je 10 Tieren verteilt: Gruppe 1 bekam Standardfutter ohne Vitamin E, Gruppe 2 Standardfutter und 3 mT bei 50 Hz 50 Tage lang für 4 Stunden täglich. Gruppe 3 bekam 200 mg/kg Vitamin E täglich mit der Magensonde zusätzlich zur 3-mT-Behandlung und Gruppe 4 Scheinbestrahlung 50 Tage lang mit Wasser über eine Magensonde zusammen mit Futter.

Sofort nach Ende der Befeldung wurde den Ratten das Stammhirn entnommen und die Substantia nigra herauspräpariert. Im Blut wurden MDA, die Aktivitäten von GSH-Px und SOD sowie die Gesamt-Antioxidativ-Kapazität bestimmt.

Ergebnisse: Es gab keine Temperaturerhöhung während des Experiments, die Werte zeigten bei beiden Kontrollen in allen 4 Gruppen keine Unterschiede. Bei der GSH-Px-Aktivität lagen die Werte in der Substantia nigra nach 50 Tagen EMF signifikant über denen der Kontrollen, durch die Vitamin E-Gabe waren die Werte der GSH-Px-Aktivität geringer unter der Bestrahlung, sie lagen aber noch über denen der Kontrollen. Die MDA-Konzentration zeigte in der EMF-Gruppe einen signifikanten Anstieg gegenüber den Kontrollen, die Gabe von Vitamin E verminderte die Konzentration unter die Werte der Kontrollen. Die SOD-Aktivität war in der EMF-Gruppe signifikant niedriger im Vergleich zu den Kontrollen, in der Gruppen mit der Vitamin E-Gabe war die Aktivität gegenüber der EMF-Gruppe signifikant und gegenüber den Kontrollen leicht erhöht. Das Ansteigen der GSH-Px-Aktivität verhinderte signifikant die Abnahme der SOD-Aktivität im Gewebe, aber änderte kaum die Gesamt-Antioxidativ-Kapazität (nur leichte Erhöhung in der Vitamin E-Gruppe).

Schlussfolgerungen: Es zeigten sich zwei wichtige Ergebnisse in dieser Studie: dass 50 Tage 3-mT-Magnetfelder oxidativen Stress verursachen, sichtbar an der Erhöhung der MDA-Konzentration und der Verminderung der SOD-Aktivität in der Substantia nigra, und dass eine Gabe von Vitamin E den oxidativen Stress und die Lipidperoxidation signifikant vermindert. Das kann ein Hinweis auf erhöhte ROS-Bildung durch die Strahlung sein. Die Abnahme der SOD-Aktivität weist ebenso auf oxidativen Stress hin, der ROS-Anstieg ist wahrscheinlich auf die Verminderung der SOD-Aktivität zurückzuführen, ein weiterer Hinweis auf oxidativen Stress in der Substantia nigra. Die GSH-Px-Aktivität stieg an, weil Dauer und Intensität der Magnetfelder nicht hoch genug waren, um sie zu vermindern. Deshalb konnte die GSH-Px in der Substantia nigra gegen die ROS-Produktion ankämpfen.

GENEXPRESSION, ROS, APOPTOSE

Mobilfunkstrahlung-induzierte Störung von Genexpression, Redox-Gleichgewicht und Regulation sporadischer Apoptose in Eierstöcken von *Drosophila melanogaster*.

Mobile-phone Radiation-induced Perturbation of Gene-expression Profiling, Redox Equilibrium and Sporadic Apoptosis Control in the Ovary of *Drosophila melanogaster*. Von: Manta AK, Papadopoulou D, Polyzos AP, Fragopoulou AF, Skourouliakou AS, Thanos D, Dimitrios J, Stravopodis DJ, Margaritis LH

Erschienen in: Fly (Austin) 1-21.Dec 2016,
<http://dx.doi.org/10.1080/19336934.2016.1270487>

In den vergangenen Jahren haben 93 % der Forschungsarbeiten starke Hinweise darauf ergeben, dass Mobilfunkstrahlung oxidativen Stress in biologischen Systemen hervorruft. In Säugerzellen geschieht das hauptsächlich in den Mitochondrien. Die entstandenen ROS könnten Mediatoren für Signalübertragung im Zusammenhang mit Zellüberleben, biologischen Prozessen oder Zelltod darstellen. Die zwei Funktionen in Säugerzellen, Überleben oder Einleitung des Zelltods, werden durch Transkriptionsfaktoren oder durch Aktivierung der Mitogen Activated Protein Kinase (MAPK)-Kaskade reguliert. Das biologische Modell *Drosophila melanogaster* (Fruchtfliege) und insbesondere Entwicklungsprozesse der Eireifung stellen ein vielseitiges System zur Untersuchung von vielen Zellprozessen dar, auch für Untersuchungen auf molekularer Ebene wie Genregulation und Transkription. Hier wurde das Modell *Drosophila melanogaster* zur Bestimmung von oxidativem Stress (Messung des ROS-Gehalts) und Apoptose im Zusammenhang mit Genexpression nach 1800-MHz-Mobilfunkbestrahlung eingesetzt.

Studiendesign und Durchführung: Erwachsene weibliche Fruchtfliegen (*Drosophila melanogaster*), 4 Tage alt, wurden

der Strahlung eines normalen 1800-MHz-Mobiltelefons im Sprechmodus 30 min. mit einer SAR von 1,5 W/kg ausgesetzt. Das Telefon befand sich 2 cm entfernt von den Fliegen. Die Scheinbestrahlung erfolgte mit demselben Aufbau ohne dass das Telefon eingeschaltet war. Die elektrische Feldstärke betrug 10 V/m (6-min-Durchschnitt), die Leistungsflussdichte 0,27 W/m². Es kam zu keiner Temperaturerhöhung während der Bestrahlung. Man führte 3 unabhängige Experimente mit je 3 Wiederholungen durch. Sofort nach der Bestrahlung wurden die Follikel der Eierstöcke entnommen und in 2 Gruppen geteilt: Gruppe 1 mit Follikeln Entwicklungsstufe 1 –10 und Gruppe 2 Follikel Stufe 11 –14, in denen die ROS-Konzentrationen gemessen wurden. Die apoptotischen Follikel der Eierstöcke wurden 4 Stunden später (Erfahrung aus früheren Experimenten) bestimmt, vom Germarium bis zur Stufe 10 (DNA-Brüche). Dazwischen, 2 Stunden nach Ende der Bestrahlung, wurden umfangreiche Genanalysen durchgeführt.

Ergebnisse: Sofort nach Ende der 30-minütigen Bestrahlung stieg der ROS-Gehalt in den sich entwickelnden Follikeln an. Es gab einen signifikanten Anstieg um das durchschnittlich 1,6-fache vom Germarium bis zu Stadium 10, während die Stadien 11–14 keine Erhöhung mehr zeigten. In einigen Stadien führte die 1800-MHz-Strahlung zu einem 2-fachen Anstieg der Follikel mit fragmentierter DNA gegenüber der Kontrolle, besonders an den beiden Checkpoints der Oogenese, den Stadien Germarium 2b und 7–9.

Die Genomanalysen ergaben 2 Stunden nach Bestrahlungsende deutliche Veränderungen in 168 Genen (> 1,25-fach), die mit wichtigen biologischen Prozessen in Zusammenhang stehen wie grundlegenden Stoffwechsel- und Zellprozessen oder Stressreaktionen und Apoptose. 153 Gene waren signifikant erhöht und nur 15 waren signifikant vermindert exprimiert. Zur Bestätigung wurden 9 Gene weiter untersucht, die Oogenese, Zelltod, Stress- und Immunreaktion und Plasmamembranbestandteile betreffen. Die Ergebnisse stimmten überein. Die Störung der Transkription durch die Strahlung konnten 3 Proteinen zu „extrazellulärer Matrix“, 7 Proteinen zum Zytosol und 26 zu Plasmamembran zugeordnet werden. Die meisten der veränderten Gene, nämlich 52, gehörten zu Struktur und Funktion von Organellen, 31 zu Kernproteinen. Außerdem gab es Genprodukte, die Endosomen, Golgi-Apparat, Endoplasmatisches Retikulum, Ribosomen und Mitochondrien zugeordnet werden konnten. Die 5 Gene der Ribosomen-Proteine waren alle herunterreguliert. Andere veränderte Gene betrafen u. a. Stoffwechsel, Apoptose, Reproduktion, Entwicklung, Immunität, Signalkaskaden und einige andere Zellfunktionen. Zusammengefasst zeigen die Daten klar, dass die Strahlung wichtige Gene für unverzichtbare Zellfunktionen und -prozesse in den Eierstöcken verändert. Die meisten durch Strahlung veränderten Genprodukte gehören zu den Organellen. 15 Gene wurden gefunden, die mit Zellstress, DNA-Schädigung und oxidativem Stress zu tun haben. Seltsamerweise wurde durch die Strahlung Cryptochrom herunterreguliert, das eigentlich Nukleinsäure-Stoffwechsel und DNA-Reparaturmechanismen negativ reguliert.

Von 124 Genen, die homolog zu menschlichen Genen sind, waren nach Bestrahlung 113 hochreguliert und 11 herunterreguliert. Dabei waren auch Gene, die mit der Alzheimer-Krankheit in Zusammenhang stehen. Einige der Gene werden

dem MAPK-Signalweg und der Glutathion-Biosynthese zugeordnet, die auf Stress reagieren, und anderen Bereichen wie Zelltod, Zellüberleben, DNA-Replikation, DNA-Reparatur und Embryonalentwicklung. Insgesamt breit gestreute Reaktionen auf Mobilfunkstrahlung, die nicht nur Fliegen, sondern viele Lebewesen, den Menschen eingeschlossen, betreffen.

Schlussfolgerungen: Ergebnisse der Genanalysen zeigen, dass die verwendeten 0,15 W/kg, die weit unter den erlaubten Werten für den menschlichen Kopf liegen (SAR 1,8 W/kg), in den jungen Fliegen entscheidende Änderungen in Transkription und Genexpression hervorrufen in frühen und mittleren Stadien der Follikel. 168 Gene waren nach der Bestrahlung verändert exprimiert, die verschiedenen biologischen Prozessen zugeordnet werden. Es gibt keine gerichteten Ziele, die Strahlung ist ein zytotoxisches Agens, das gleichzeitig viele Zellfunktionen systemisch deregulieren kann, nicht nur in Fliegenvarianen, sondern wahrscheinlich auch beim Menschen. Die hier gefundenen Genveränderungen betreffen hauptsächlich Organellen, es sind anscheinend Proteine bzw. Maschinerien, die Ernährung, Stoffwechsel, Biosynthese, Energie und Signal-

wege während der Entwicklung regulieren. Hier wurden ca. 9 % der Genprodukte (15 Gene) als Stress-bezogen eingeordnet und ca. 6 % (10 Gene) als Apoptose-bezogen. Das alles deutet stark darauf hin, dass die 1800-MHz-Strahlung ein Stressfaktor ist. Andere Gene betreffen Phagozytose, Fettspeicher, Autophagie, Membranorganisation, Endozytose und Transport über Vesikel.

Die Daten lassen ganz stark vermuten, dass in den Follikeln der Eierstöcke von *D. melanogaster* als Modellsystem gepulste, nicht-ionisierende Strahlung eines im Handel erhältlichen Mobiltelefons Genom-weit und nicht gezielt veränderte Genexpressionen auslöst, wahrscheinlich durch oxidativen Stress, ROS-abhängige Mechanismen, die zusammen bestimmte Zellen in den Eierstöcken in die sporadische Apoptose zwingen. Man kann ähnliche durch Strahlung hervorgerufene krankhafte Vorgänge wahrscheinlich in anderen Organen der Fliegen vorfinden, wie Gehirn, Herz und Darm (Veröffentlichung in Arbeit). Auch beim Menschen könnten Organsysteme beeinträchtigt sein bei zu starker Nutzung des Mobiltelefons.

Studienbesprechungen im ElektromogReport Oktober 2016 - Februar 2017

<http://www.strahlentelex.de/>

Mobilfunkwirkung auf Bäume. Baumschäden durch Mobilfunk-Basisstationen

In den letzten 20 Jahren sind weltweit zunehmend Mobilfunkbasisstationen errichtet worden. Diese Langzeitstudie hat in 2 Städten in Deutschland, Bamberg und Hallstadt, die Baumschäden von 2006–2015 dokumentiert und mit Messergebnissen der elektromagnetischen Felder an 144 Standorten in Beziehung gesetzt. Die Ergebnisse zeigen einen Zusammenhang zwischen Baumschäden und Intensität der Mobilfunkstrahlung von Basisstationen. Baumkronenbereiche, die höheren Feldstärken ausgesetzt sind (Sichtachse), zeigen mehr Schäden als Kronenbereiche an der der Strahlung abgewandten Seite. Die Schäden sind mit bloßem Auge zu erkennen. Feldstärken unter 50 $\mu\text{W}/\text{m}^2$ erzeugten keine Schäden.

Waldmann-Selsam C, Balmori de la Puente A, Breunig H, Balmori A (2016): Radiofrequency radiation injures trees around mobile phone base stations. *Science of the Total Environment* 572, 554–569
ElektromogReport Oktober/November 2016

900-MHz-Strahlung schädigt Leber und Blut von Ratten

In diesem Experiment wurden Leber und Blut von männlichen und weiblichen Ratten, deren Mütter während der Trächtigkeit

mit 900 MHz bestrahlt worden waren, auf Schädigungen in Leberzellen und Blut und auf Veränderungen von Enzymen untersucht. Man konnte Schäden feststellen, die noch bei den erwachsenen Tieren nachweisbar waren.

Yilmaz A, Tumkaya L, Akyildiz KA, Kalkan Y, Bodur AF, Sargin F, Efe H, Uydu HA, Yazici ZA (2016): Lasting hepato-toxic effects of prenatal mobile phone exposure. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, DOI: 10.1080/14767058.2016.1214124
ElektromogReport Oktober/November 2016

Magnetfelder beeinflussen die HPA-Stress-Achse

Zur Klärung, ob niederfrequente Felder auf das Immunsystem einwirken, wurden Mäuse kurz- und langfristig Feldern zwischen 20 und 5000 Hz bei 10 μT ausgesetzt. Im Blut wurden Leukozytenzahl und -zusammensetzung sowie die Hormonkonzentrationen von ACTH bestimmt. Nach den Ergebnissen verändern niederfrequente Magnetfelder die Stresshormon-Ausschüttung und die Immunreaktionen über die HPA-Achse.

de Kleijn S, Ferwerda G, Wiese M, Trentelman J, Cuppen J, Kozicz T, de Jager L, Hermans PW, LidyVerburg-van Kernenade BM (2016): A Short-Term Extremely Low Frequency Electromagnetic Field Exposure Increases Circulating Leukocyte Numbers and Affects HPA-Axis Signaling in Mice. *Bioelectromagnetics* 37, 433–443
ElektromogReport Dezember 2016

Elektrostatische Felder beeinflussen Blutparameter

Elektrostatische Felder, wie sie in der Atmosphäre vorkommen können, bewirken im Blut von Ratten in vivo und in vitro signifikante Veränderungen. Zellzahl, -form und -größe sowie DNA-Strangbrüche treten direkt nach Ende der Befeldung auf, sind aber zwei Wochen später zum großen Teil behoben.

Harutyunyan H, Mkrtychyan V, Sukiasyan K, Sahakyan G, Poghosyan G, Soghomonyan A, Cherniavsky E, Bondarenko E, Shkumatov V (2016): Effect of In Vivo and In Vitro Exposure to Electrostatic Field on Some Hematological Parameters in Rats. *Bioelectromagnetics*
ElektrosmogReport Dezember 2016

Feldbelastungen von Kindern und Personal in Kindergärten

In Melbourne, Australien, wurden in Kindergärten die Feldstärken von Mikrowellen bestimmt, um die Belastung der Kinder und des Personals feststellen zu können. Die Messungen umfassten 16 Frequenzbänder im Frequenzbereich von 88 MHz bis 5,8 GHz. Die höchsten Feldquellen waren durch Mobilfunkfrequenzen (900, 1800 und 2100 MHz) bedingt, Wi-Fi hatte geringe Felder.

Bhatt CR, Redmayne M, Billah B, Abramson MJ, Benke G (2016): Radiofrequency-electromagnetic field exposures in kindergarden children. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 1–8, online doi: 10.1038/jes.2016.55
ElektrosmogReport Dezember 2016

Kann nicht-ionisierende Strahlung Krebs verursachen?

Prof. Magda Havas greift das Thema auf, das seit Jahrzehnten kontrovers diskutiert wird und fasst zusammen, was längst durch seriöse Forschung belegt ist: Nicht-ionisierende Strahlung ist am Krebsgeschehen beteiligt.

Havas M (2016): When theory and observation collide: Can non-ionizing radiation cause cancer? *Environmental Pollution*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.10.018>
ElektrosmogReport Dezember 2016

Unkorrekte Darstellung und Interessenskonflikte

Der von der AGNIR (Advisory Group on Non-ionising Radiation) in 2012 vorgelegte Bericht hat offiziellen Charakter und soll Ratgeber für die Sicherheit von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern im Vereinigten Königreich sein; auch andere Länder weltweit verlassen sich darauf. Dieser Überblick beschreibt unkorrekte und irreführende Stellungnahmen in dem Bericht und Interessenskonflikte der Mitglieder, wodurch der Bericht ungeeignet für die Bewertung von Gesundheitsrisiken ist. Die Zusammenfassung und die Schlussfolgerungen im Bericht geben nicht die derzeit erhältlichen wissenschaft-

lichen Belege wieder. Auch bei der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection), die die Richtlinien für Feldbelastungen festsetzt, ist Unabhängigkeit zu fordern. Auch hier müssen Interessenskonflikte kritisch beobachtet werden, wenn die nächste Veröffentlichung zu den Gesundheitskriterien elektro-magnetischer Felder für die Weltgesundheitsorganisation (WHO) verfasst wird. Entscheidungsträger, Organisationen und Einzelpersonen müssen sich auf korrekte Informationen zu den Sicherheitsrisiken, die von EMFs ausgehen, verlassen können, wenn sie ihrer Verantwortung gegenüber Schutzbefohlenen gerecht werden wollen. Die AGNIR wird hier von der Autorin auf Interessenskonflikte und Genauigkeit der wissenschaftlichen Informationen überprüft.

Starkey S (2016): Inaccurate official assessment of radiofrequency safety by the Advisory Group on Non-ionising Radiation. *Reviews on Environmental Health* 31 (4), 493–503
ElektrosmogReport Januar 2017

WLAN entlässt mehr Quecksilber aus Zahnfüllungen

Der weltweit zunehmende Einsatz von WLAN, auch an Schulen und öffentlichen Plätzen ließ die Frage aufkommen, ob gesundheitliche Probleme auftreten können. Amalgamfüllungen in Zähnen enthalten viel Quecksilber. Diese Arbeit ist die erste, die die Wirkung der 2,4-GHz-Strahlung auf die Quecksilberabgabe aus Amalgam im Speichel untersuchte.

Paknahad M, Mortazavi SMJ, Shahidi S, Mortazavi G, Haghani M (2016): Effect of radio frequency radiation from Wi-Fi devices on mercury release from amalgam restorations. *Journal of Environmental Health Science and Engineering* 14, Artikel 12, 6 Seiten; DOI 10.1186/s40201-016-0253-z
ElektrosmogReport Januar 2017

Soziale Bedeutung sehr geringer Magnetfelder

Magnetfelder (MF) werden über bestimmte Bereiche des Nervensystems unbewusst wahrgenommen, wenn Menschen sehr nahe in Kontakt sind. Innerhalb von sozialen Gruppen wie Familien, auf Konzerten und Sportplätzen, in Situationen wie Aufruhr oder bei der Räuber-Beute-Beziehung sind Magnetfelder beteiligt. Der Autor AR Liboff stellt die Hypothese auf, dass sehr geringe Magnetfelder die elektromagnetische Basis sozialer Beziehungen sind. Die Argumente sprechen für magnetische Wahrnehmung auch beim Menschen und liefern einen neuen Ansatz zu Elektrosensibilität, die möglicherweise das Ergebnis von Empfindungs-Überlastung ist.

Liboff AR (2016): The electromagnetic basis of social interactions. *Electromagnetic Biology and Medicine*, <http://dx.doi.org/10.1080/15368378.2016.1241180>
ElektrosmogReport Februar 2017

Fehlendes Erdmagnetfeld vermindert Blütenbildung

Wenn Ackerschmalwand-Pflanzen (Arabidopsis thaliana) in einem Fast-Null-Magnetfeld (FNF) aufwachsen, werden Wachstum, Entwicklung und Blütenbildung verzögert. Die Ergebnisse dieser Experimente zeigen, dass das fehlende Erdmagnetfeld die Konzentrationen von verschiedenen Gibberellinen unter Beteiligung von Cryptochromen vermindert, wodurch Wachstum, Entwicklung und Blütenbildung verzögert werden.

Xu C, Yu Y, Zhang Y, Li Y, Wei S (2017): Gibberellins Are Involved in Effect of Near-Null Magnetic Field on Arabidopsis Flowering. Bioelectromagnetics 38, 1–10
ElektrosmogReport Februar 2017

Statische Magnetfelder beeinflussen Weizen-Epigenetik

Das Einwirken eines 7-mT-Magnetfeldes auf Weizen-Kalli führt zu Veränderungen, abhängig von Dauer und Entwicklungsstadium: Je jünger der Kallus desto höher ist die DNA-Methylierungsrate und der Polymorphismus. Magnetfelder könnten ein wirkungsvolles Instrument zur Erzeugung epigenetischer Änderungen sein, um ökonomische Vorteile in der Landwirtschaft zu erzielen.

Aydin M, Taspinar MS, Cakmak ZE, Dumlupinar R, Agar G (2016): Static Magnetic Field Induced Epigenetic Changes in Wheat Callus. Bioelectromagnetics 37, 504–511
ElektrosmogReport Februar 2017



Neuer diagnose:funk Brennpunkt

Der neue diagnose:funk 'brennpunkt' „Mobilfunk – Grenzwerte entzaubert. Studie weist nach, wie Grenzwerte scheinwissenschaftlich legitimiert werden“ (Bestell Nr. 233) behandelt die Studie "Fehlerhafte offizielle Bewertung der Sicherheit von Funkstrahlung durch die Beratergruppe für nicht-ionisierende Strahlung" (2016) von S. J. Starkey. Der 'brennpunkt' enthält die Studie in deutscher Übersetzung. "Keine Gefahr, die Grenzwerte schützen, das wird durch die Studienlage bestätigt!" Mit diesem Argument wird die Kritik an der Mobilfunkpolitik abgewiesen. Doch die Grenzwerte schützen nicht, die Gutachten sind manipuliert. Die Studie von Sarah J. Starkey zeigt am Beispiel des AGNIR-Berichtes (Advisory Group On Non-ionising Radiation, Großbritannien), mit welchen Methoden Rechtfertigungen fabriziert werden. Er steht exemplarisch für diese Gutachten, auch weil international Methoden und Verfasser ähnlich sind, ob dies der Bericht der SCENHIR für die EU ist, der Bericht des Wissenschaftlichen Beirats Funk (Österreich), oder der nun "Siebte Mobilfunkbericht der Bundesregierung" in Deutschland. So wird auch der für 2017 angekündigte Bericht der WHO von einem fast identischen Autorenteam verfasst. Dieses Betrugssystem, von der Industrie mit "zuverlässigen" Wissenschaftlern aufgebaut, ist international, und die Mechanismen der institutionellen Korruption, die S. J. Starkey aufdeckt, lassen sich auf nahezu alle westeuropäischen Länder



diagnose:funk Veröffentlichungen zur Studienlage

Brennpunkt: 130 Studienergebnisse:
Smartphones & Tablets schädigen Hoden, Spermien und Embryos (2016)
24 Seiten, 5,00 Euro, Bestell Nr. 232. Recherche des aktuellen Standes der Forschung.

Brennpunkt: Ukrainische Forschergruppe legt Review vor:
Mobilfunkstrahlung weit unterhalb der Grenzwerte führt zu oxidativem Stress in Zellen (2015)
24 Seiten, 5,00 Euro, Bestell Nr. 231. Übersetzung der Studie von Yakymenko et al.

Brennpunkt: Neue US-Studie bestätigt:
Risiken für Kinder durch die Strahlenbelastung von Smartphones, TabletPCs und WLAN sind besonders hoch (2014)
24 Seiten, 4,00 Euro, Bestell Nr. 226. Übersetzung des Reviews von Morgan, Kesari, Davis: Warum Kinder Mikrowellenstrahlung stärker absorbieren als Erwachsene: Die Konsequenzen.

Bestellung Online: <http://shop.diagnose-funk.org/>
Per Mail: versand@diagnose-funk.de